COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 MARS 1897,

PRÉSIDENCE DE M. A. CHATIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie la perte douloureuse qu'elle vient de faire dans la personne de M. *Antoine d'Abbadie,* Membre de la Section de Géographie et Navigation, et s'exprime en ces termes :

« J'ai le devoir douloureux de faire connaître à l'Académie qu'elle vient d'être frappée d'un grand deuil. Puisse ce deuil, le premier de ma Présidence, en être le dernier.

» Notre éminent et sympathique Confrère, M. Antoine d'Abbadie, qui appartenait à notre Compagnie depuis 1857, et qui, lundi dernier encore, assistait à notre séance, vient de s'éteindre à l'âge de 87 ans, âge qui n'était pas encore la vieillesse pour sa robuste constitution, tant physique que morale.

» M. d'Abbadie honora et fit aimer le nom français dans ses voyages

scientifiques, au Brésil, en Abyssinie surtout, où il pénétra l'un des premiers.

» A la fois astronome, géodésien, géographe, physicien et numismate, comme le rappelait M. le Président Cornu en lui remettant la médaille Arago, M. d'Abbadie a voulu concourir, même après sa mort, au progrès des Sciences, en léguant à l'Académie, avec d'importants revenus, son château-observatoire d'Abbadie et dépendances, pour qu'elle y fît continuer les recherches qui avaient été l'honneur et le charme de sa vie.

» L'Académie des Sciences, qui a décerné à M. d'Abbadie les honneurs (Présidence et médaille Arago) dont elle dispose, et qui eût voulu faire plus, veillera pieusement, dans sa reconnaissance, à l'exécution des vœux de son bienfaiteur, l'éminent Confrère à qui elle adresse un triste et suprême adieu. »

La séance est levée en signe de deuil.

BOTANIQUE. — *Sur les Phanérogames sans graines, formant la division des Inséminées;* par M. **Ph. van Tieghem.**

« Les plantes de l'embranchement des Phanérogames forment, comme on sait, leur œuf par l'union et la combinaison de deux cellules différenciées, nommées ensemble *gamètes*, dont l'une, qui est dite *femelle*, reste en place, tandis que l'autre, qui est dite *mâle*, est transportée passivement vers elle. Le gamète femelle est, ici, comme chez les Cryptogames, l'oosphère. Le gamète mâle, parce qu'il n'a été que très récemment aperçu comme tel, n'a pas encore reçu de dénomination spéciale; puisqu'il est homologue de l'anthérozoïde des Cryptogames, il peut aussi, bien que paraissant d'ordinaire immobile, recevoir le même nom [1].

» L'oosphère prend naissance dans une de ces feuilles différenciées qui composent le pistil de la fleur et que l'on nomme des *carpelles*. Elle y est produite, en même temps qu'un plus ou moins grand nombre de cellules sœurs constituant avec elle un tissu nommé *endosperme*, par une cellule

---

[1] Par les recherches récentes de deux botanistes japonais, MM. Hirase et Ikeno, on sait que, tout au moins dans le *Ginkgo* et les *Cycas*, le gamète mâle est muni d'un ruban spiralé portant de nombreux cils vibratiles, et par là se montre un véritable anthérozoïde.

issue directement ou indirectement de l'exoderme du carpelle, cellule à laquelle on donne habituellement le nom très impropre de *sac embryonnaire* et dans laquelle elle demeure incluse. Elle procède de la différenciation directe et totale d'une cellule d'endosperme chez les Angiospermes, du cloisonnement préalable et de la différenciation partielle d'une cellule d'endosperme, qui par là devient un archégone, chez les Gymnospermes.

» De son côté, l'anthérozoïde tire son origine de l'une de ces feuilles différenciées qui composent l'androcée de la fleur et que l'on nomme des *étamines*. Le limbe de l'étamine, qui est l'anthère, produit d'abord, par un cloisonnement local de son exoderme, des cellules spéciales nommées *grains de pollen*, qu'il met en liberté dans le milieu extérieur. Puis, la cellule mère des anthérozoïdes naît dans le grain de pollen, en même temps qu'une cellule sœur plus grande, directement chez les Angiospermes, indirectement chez les Gymnospermes. Ensuite, la cellule mère se divise pour former les deux anthérozoïdes; ceux-ci sont transportés jusqu'au contact de l'oosphère par le tube pollinique issu du développement de la grande cellule sœur, à la suite de la germination du grain de pollen. Finalement, l'un d'eux pénètre dans l'oosphère, avec laquelle il s'unit et se combine.

» Une fois formé, l'œuf des Phanérogames se développe, comme il est aussi bien connu, sur la plante mère et à ses dépens, en un embryon, tandis que l'endosperme se transforme en un albumen, transitoire ou permanent, et que le pistil de la fleur devient le fruit.

» Ces caractères sont généraux et exclusifs. Ils appartiennent à toutes les Phanérogames, sans exception, et on ne les trouve réunis chez aucune autre plante. Ils sont aussi les seuls qui jouissent de cette double propriété. C'est donc à eux que doit se réduire, en substance, toute la définition de cet embranchement.

» Si l'on entre, en effet, un peu plus dans le détail des phénomènes qui précèdent et de ceux qui suivent la formation de l'œuf chez les Phanérogames, on voit aussitôt qu'il y a, suivant les plantes, plusieurs cas à distinguer.

» 1. *Division des Phanérogames en deux groupes, d'après la graine.* — Considérons d'abord la série des phénomènes qui suivent la formation de l'œuf et qui aboutissent, en définitive, à la constitution du fruit. A la maturité, le fruit est conformé, suivant les cas, de deux manières différentes, dont l'une a passé jusqu'à présent inaperçue.

» Tantôt, et le plus souvent, il porte, attachés à sa surface externe chez

les Cycadacées et les Conifères, fixés à la paroi interne d'une cavité close partout ailleurs, un ou plusieurs corps distincts, qu'il est facile d'en séparer en rompant le point d'attache et qui s'en séparent fréquemment d'eux-mêmes à la maturité. Chacun de ces corps, formé d'un embryon, accompagné ou non d'un albumen, et enveloppé d'un tégument propre, constitue ce qu'on appelle une *graine*, qui produit à la germination une plante nouvelle. Les Phanérogames qui se comportent ainsi ont donc un fruit pourvu de graines, un fruit *séminé*.

» Tantôt, au contraire, le fruit ne porte ou ne renferme aucun semblable corps libre, qu'on puisse en séparer en ne rompant qu'un point d'attache ou qui s'en sépare spontanément à la maturité. Il est tout d'une pièce, et il faut le soumettre tout entier à la germination pour obtenir une ou plusieurs plantes nouvelles, suivant qu'il s'est formé et développé plus tard en embryons un ou plusieurs œufs dans le pistil dont il provient. En un mot, ces plantes ont un fruit dépourvu de graines, un fruit *inséminé*.

» De là une division des Phanérogames en deux groupes primaires, que je nommerai respectivement les *Séminées* et les *Inséminées*, le premier étant évidemment plus perfectionné que le second.

» 2. *Subdivision de chacun de ces deux groupes, d'après l'ovule*. — Examinons maintenant, dans chacun de ces deux groupes, la série des phénomènes qui précèdent la formation de l'œuf, notamment la manière dont chacun des carpelles du pistil se comporte autour de la cellule mère de l'endosperme, et considérons d'abord les Séminées.

» Souvent le carpelle y découpe sur son bord une ou plusieurs folioles plus ou moins longuement pétiolées. Chacune de ces folioles produit ensuite, quelque part sur la ligne médiane de son limbe, par une croissance locale de son écorce, une émergence conique, bientôt recouverte de bas en haut, d'abord par un bourrelet annulaire de son propre épiderme, puis par le limbe lui-même reployé autour d'elle. C'est la cellule exodermique terminale de cette émergence qui produit directement ou indirectement la cellule mère de l'endosperme. Ainsi profondément différenciée et composée de quatre parties distinctes, la foliole est ce qu'on nomme un *ovule :* son pétiole en est le funicule, son émergence le nucelle, sa première enveloppe, comparable à l'indusie des Fougères, le tégument interne, sa seconde enveloppe le tégument externe; chacune de ces enveloppes laisse au sommet un orifice, qui est l'endostome pour la première, l'exostome pour la seconde, formant ensemble le micropyle. Chez toutes ces plantes, il y a donc un ovule *nucellé* et *bitegminé*.

» Souvent aussi, le carpelle y porte de même un ou plusieurs ovules, mais le nucelle n'y est enveloppé que d'un seul tégument, qui est le limbe reployé de la foliole; le tégument interne y fait défaut. Ces plantes ont donc un ovule nucellé et *unitegminé*.

» C'est entre ces deux manières d'être que se répartissent toutes les Séminées. Ces plantes ont donc toujours dans leur pistil un ou plusieurs ovules à nucelle tégumenté. Plus tard, pendant le développement simultané de l'œuf en embryon et de l'endosperme en albumen, chaque ovule s'y accroît à mesure et y devient, en définitive, une graine, aussi distincte dans le fruit mûr qu'il l'était lui-même dans le pistil. La présence, constatée plus haut, de graines dans le fruit de ces plantes s'explique donc par l'existence préalable dans leur pistil d'ovules permanents, c'est-à-dire capables de se développer en conservant jusqu'à la fin leur autonomie. En un mot, elles sont séminées, parce qu'elles étaient *pérovulées*. D'après la conformation de l'ovule, dont le tégument est simple ou double, elles se partagent en deux groupes secondaires, que je nommerai respectivement les *Unitegminées* et les *Bitegminées*, le second étant plus élevé en organisation que le premier.

» La division des Inséminées offre des modifications plus nombreuses.

» Certaines de ces plantes ont, dans leur pistil, un ou plusieurs ovules, conformés comme ceux des Séminées, c'est-à-dire avec un nucelle enveloppé d'un ou de deux téguments.

» Chez d'autres, le carpelle formant aussi un ou plusieurs ovules, le nucelle ne s'y recouvre d'aucun tégument; il est et demeure nu, *integminé*.

» Ailleurs, le carpelle découpe bien encore une ou plusieurs folioles, mais la foliole, qui ne se différencie pas en pétiole et limbe, ne produit pas non plus d'émergence conique, et c'est quelque part sous sa surface lisse que prend naissance dans l'exoderme la cellule mère de l'endosperme. L'ovule se réduit alors à sa foliole, sans nucelle ni tégument; il est *innucellé*.

» Chez d'autres, enfin, le carpelle ne découpe même plus de folioles pour la production séparée et solitaire des cellules mères d'endosperme. C'est quelque part directement dans son exoderme général que celles-ci prennent naissance. En un mot, il est entièrement dépourvu d'ovules, *inovulé*.

» De là une division des Inséminées en cinq groupes secondaires, que

je nommerai respectivement : *Bitegminées*, *Unitegminées*, *Integminées*, *Innucellées* et *Inovulées*.

» N'ayant pas d'ovules dans le pistil, les Inovulées ne sauraient avoir non plus de graines dans le fruit, qui y est donc nécessairement inséminé. S'il n'y a pas davantage de graines dans le fruit des quatre autres groupes, où le pistil est pourtant ovulé, c'est parce que, pendant le développement simultané de l'œuf en embryon et de l'endosperme en albumen, l'ovule ne s'y accroît pas dans la même mesure. Il est alors progressivement attaqué, digéré, résorbé par l'albumen en voie de croissance, dont les cellules périphériques se différencient en une *assise digestive*, qui sécrète les diastases nécessaires, et finalement il disparaît comme tel; en un mot, il est transitoire. L'albumen vient alors appliquer directement son assise digestive contre la paroi interne du pistil, qu'elle attaque souvent à son tour et digère dans une partie de son épaisseur en se soudant ensuite plus ou moins intimement, en définitive, avec la couche externe qu'elle laisse subsister. Les Inséminées qui ont ainsi un ovule transitoire peuvent être dites toutes ensemble *transovulées*, et l'on vient de voir que, suivant la conformation plus ou moins compliquée de l'ovule, il y a des Transovulées de quatre sortes.

» L'embranchement des Phanérogames se divise donc, en somme, d'abord d'après la graine en deux divisions ou groupes primaires, ensuite d'après l'ovule en sept subdivisions ou groupes secondaires, classification que résume le Tableau suivant :

Phanérogames.	Des graines.	SÉMINÉES.	Des ovules permanents.	PÉROVULÉES.	Nucelle	à deux téguments.	*Bitegminées.*
						à un tégument.	*Unitegminées.*
	Pas de graines.	INSÉMINÉES.	Des ovules transitoires.	TRANSOVULÉES.	Nucelle	à deux téguments.	*Bitegminées.*
						à un tégument.	*Unitegminées.*
						sans tégument.	*Integminées.*
					Pas de nucelle, ni de tégument.		*Innucellées.*
			Pas d'ovules.	INOVULÉES.			*Inovulées.*

» 3. *Importance du groupe des Inséminées, objet de ce travail.* — La très grande majorité des Phanérogames se répartissent, comme on sait, entre les deux subdivisions du groupe des Séminées, les Unitegminées renfermant toutes les Gymnospermes et la plupart des Dicotylées gamopétales, les Bitegminées comprenant toutes les Monocotylées, à l'exception des Graminées, ainsi que la plupart des Dicotylées dialypétales et apétales.

» Moins étendu, mais plus varié, le groupe jusqu'ici méconnu des Insé-

minées offre aussi, au point de vue de la Science générale, une importance plus grande.

» Par sa seule existence, il montre déjà combien est inexacte la dénomination générale de Spermaphytes, Plantes à graines, Samenpflanzen (en allemand), que l'on donne assez souvent à l'embranchement des Phanérogames. Il prouve aussi que, pour développer ses œufs en embryons, et même en embryons très différenciés, pour conserver ensuite plus ou moins longtemps ces embryons à l'état de vie latente, et pour les développer enfin à la germination en autant de plantes nouvelles, la plante phanérogame n'a pas nécessairement besoin de produire des graines dans son fruit mûr.

» Par la diversité de son organisation, il nous offre ensuite, réunies et graduellement échelonnées, toutes les modifications que peut subir le carpelle des Phanérogames pour passer de l'état inovulé, le plus simple, à l'état ovulé bitegminé, le plus compliqué, modifications dont les Séminées, pourtant si nombreuses, ne réalisent que les deux degrés supérieurs. On ignorerait sans lui que, pour préparer leurs oosphères et former leurs œufs, les Phanérogames n'ont nullement besoin de produire, au préalable, autant d'ovules dans leur pistil, ce dont témoignent les Inovulées. Sans lui, on ne saurait pas davantage que ces plantes, une fois l'ovule acquis, peuvent se passer de nucelle, comme on l'apprend par les Innucellées, une fois le nucelle développé, peuvent se passer de tégument, comme on le voit par les Integminées.

» La connaissance de ce groupe est donc nécessaire à la pleine intelligence des Phanérogames. C'est ce qui m'a décidé, après en avoir aperçu l'existence, à en faire l'étude approfondie qui m'occupe depuis quatre années et qui est l'objet du Mémoire dont je présente aujourd'hui à l'Académie un très court résumé.

» Comme il y a, au point de vue de l'ovule, des Inséminées de cinq sortes, ce Mémoire comprend aussi cinq Parties consacrées : la première aux Inovulées, la deuxième aux Innucellées, la troisième aux Integminées, la quatrième aux Unitegminées, la cinquième aux Bitegminées. Dans une sixième et dernière Partie, on résume les conclusions de cette longue série de recherches et l'on jette comparativement un coup d'œil général sur le groupe des Séminées. »

THERMODYNAMIQUE BIOLOGIQUE. — *Du travail mécanique de cause purement extérieure, exécuté automatiquement, sans dépense supplémentaire d'énergie intérieure, par des muscles en état de contraction statique. Le travail positif diminue et le travail négatif augmente l'échauffement musculaire résultant de cette dépense intérieure;* par M. **A. Chauveau.**

« Je me propose de démontrer prochainement, à l'aide d'expériences tout à fait nouvelles, instituées dans des conditions absolument physiologiques, l'excellence de la méthode dont j'ai exposé les principes dans la dernière séance (15 mars). En attendant, je puis faire connaître les résultats que j'ai obtenus sur des muscles de grenouille isolés, mais absolument frais. Ces résultats ne visent pas la démonstration de l'*uniformité* de la dépense énergétique (cette démonstration est provisoirement jugée suffisante), mais seulement la *diversité* de l'échauffement, dans les cas divers de contraction statique mis en comparaison. Les expériences qui ont donné ces résultats se bornent donc à mettre en évidence les différences d'échauffement introduites dans le muscle en contraction statique, pour le soutien fixe d'une charge, par le travail mécanique intercurrent, positif ou négatif, que provoque l'allègement ou la restitution de la charge.

» Ces expériences ont été exécutées il y a déjà fort longtemps, à une époque où je ne me doutais guère qu'elles dussent être exploitées un jour pour les démonstrations actuelles. J'avais entrepris, en vue de mes études sur le travail des muscles, la vérification de toutes les expériences publiées sur la Thermodynamique musculaire, particulièrement celles qui ont été exécutées dans les laboratoires de Heidenhain et de A. Fick. Il m'arriva de rester fort longtemps arrêté sur les expériences relatives à la comparaison de l'échauffement ou du refroidissement déterminés par l'étirement ou le retrait du caoutchouc et du tissu musculaire (B. Danilewski et Blix). Au cours de mes confrontations variées, j'eus l'occasion de faire porter la comparaison non seulement sur les muscles en état de relâchement, mais encore sur ceux qui sont mis en état de tétanisation. Les résultats furent des plus intéressants, mais extraordinairement irréguliers et dissemblables. C'est en m'appliquant à éliminer les causes de ces perturbations que je rencontrai, pour ainsi dire fortuitement, les conditions expérimentales que je suis en mesure d'appliquer maintenant à la recherche de l'absorption et

de la restitution énergétiques par le travail positif et par le travail négatif des muscles.

» Pour simplifier, j'exposerai les faits comme si mes expériences avaient été conçues et exécutées en vue du but auquel je les fais servir aujourd'hui. Dans ces expériences, on mesurait, par la méthode classique du courant thermo-électrique, la différence d'échauffement de deux muscles gastrocnémiens, dont l'un était au repos, l'autre soumis aux conditions dont on voulait connaître l'influence sur la thermogénèse.

» *Instruments et procédés.* — Les deux muscles isolés, avec leur nerf et leur insertion supérieure sur le fémur, sont fixés par l'intermédiaire de ce dernier, au moyen d'une pince à vis sur une plaque d'ébonite, au-dessus d'une large fente qui traverse cette plaque d'outre en outre. On fait reposer les nerfs sur des électrodes impolarisables. Au tendon du muscle s'accroche un fil qui, après s'être réfléchi sur une poulie, porte les poids sur lesquels s'exercera la contraction statique.

» Le système thermo-électrique est des plus simples. Il se compose seulement de deux soudures à larges contacts, entre un fil intermédiaire en maillechort et deux fines aiguilles d'acier. La partie moyenne est courbée en anse. On traverse les deux muscles d'outre en outre avec les aiguilles, et les deux soudures, couvertes d'une couche colorée de vernis isolant, sont noyées bien exactement dans l'épaisseur de chacun d'eux. Les pointes des aiguilles font saillie, à travers les fentes, sous la plaque d'ébonite et sont reliées au galvanomètre. Un des muscles sert d'organe passif et l'autre d'organe actif.

» La mise en activité de ce dernier consiste en une tétanisation durant exactement deux secondes dans toutes les expériences.

» C'est avec une machine du Bois-Raymond à intermittences rapides qu'on excite le nerf pour tétaniser le muscle.

» On donne à l'excitation l'intensité strictement nécessaire pour obtenir l'effet convenable, c'est-à-dire une contraction statique impuissante à soulever la charge totale choisie et qui soit pourtant prête à entraîner celle-ci au moindre allègement qu'on lui fait subir. On n'y arrive souvent qu'après de nombreux tâtonnements qui épuisent le nerf. C'est une des difficultés de l'expérience. Il ne faut jamais l'éluder, sous peine d'échouer, c'est-à-dire d'obtenir les effets les plus disparates.

» Les manœuvres qui allègent ou surchargent les poids constituent une autre de ces difficultés. J'y emploie un dispositif spécial, dont j'exposerai le mécanisme en faisant intervenir la valeur des poids qui ont été employés dans mes meilleures séries d'expériences. Il sera représenté dans le prochain numéro des *Archives de Physiologie*.

» C'est sur une charge totale de 80^{gr} seulement — en rapport avec le volume et la force des muscles utilisés dans ces séries — qu'agissait la contraction statique constituée par la tétanisation. Cette charge était divisée en deux parties reliées l'une à l'autre par un fil très souple : la partie supérieure, pesant 20^{gr}, était rattachée directement, sous la poulie de réflexion, au fil accroché au tendon du muscle; l'autre partie, du poids de 60^{gr}, reposait sur un petit plateau placé à l'une des extrémités d'un levier, qui, par une manœuvre brusque sur l'autre extrémité, permettait de mettre cette partie de la charge en ascension ou en chute. A l'aide de deux vis de réglage, on don-

nait au plateau la position dans laquelle la charge totale pouvait être soutenue par le muscle tétanisé sans raccourcissement sensible.

» Une disposition importante doit compléter ce mécanisme. La poulie de réflexion est parfaitement mobile dans le sens du soulèvement de la charge. Mais une pièce en coin, analogue à celle du collecteur de A. Fick, s'oppose au mouvement inverse. De cette manière, le poids de 20gr qui a été soulevé par le muscle, quand on a allégé de 60gr la charge totale de 80gr, ne peut plus retomber spontanément et librement. Il faut, pour faire reprendre à ce poids de 20gr sa position première, que le coin soit manœuvré à la main ou par le jeu d'un électro-aimant annexé à l'appareil. Sans cette disposition additionnelle, l'influence du travail positif sur l'échauffement serait toujours neutralisée par le travail négatif consécutif. Complété comme il vient d'être dit, l'appareil permet de faire à volonté une tétanisation avec travail positif seul, ou avec travail positif suivi d'un travail négatif neutralisant l'effet du premier sur l'échauffement musculaire. La comparaison entre les deux conditions permet ainsi de s'assurer si le travail positif prend de l'énergie au muscle moteur.

» Pour l'étude de l'influence du travail négatif provoqué par surcharge, je n'ai pu trouver de procédé convenable permettant d'annihiler l'influence perturbatrice du travail positif qui précède nécessairement le travail négatif. Mais on verra plus loin qu'en raison de la grandeur relative des résultats différentiels obtenus avec ce dernier, les expériences n'en sont pas moins démonstratives. Elles le sont même beaucoup plus que les expériences sur le travail positif. C'est qu'en effet mon dispositif présente le défaut essentiel de ne donner, dans ce dernier cas, que des résultats différentiels fort minimes, échappant très souvent à l'expérimentateur. Il n'en peut être autrement, la cause de la différence (travail de peu d'importance et excessivement court) étant elle-même minime et l'instrument révélateur de l'échauffement (pile d'une seule soudure à petites surfaces) relativement peu sensible.

» A. Expériences sur la contraction statique sans travail extérieur. — *Échauffement du muscle non raccourci tendu par une charge de* 80gr *ou soutenant avec raccourcissement une charge de* 20gr. — Théoriquement, l'échauffement doit être sensiblement le même dans les deux cas, si la dépense en plus, excitée par l'état de raccourcissement du muscle, compense la dépense en moins résultant de l'amoindrissement de la charge.

» C'est effectivement ce que l'on constate à très peu près dans les expériences régulières, celles où l'excitation nerveuse a été strictement suffisante pour mettre le muscle en état de soutenir la charge totale, sans imprimer à celle-ci de déplacement sensible. Une première détermination donne alors l'échauffement pour une contraction statique de deux secondes de durée s'exerçant sur la charge totale. Lorsque ensuite on répète l'excitation, pendant le même temps, la charge totale étant allégée de 60gr par le soulèvement du plateau, c'est presque le même échauffement que l'on constate dans le muscle tétanisé, mais cette fois raccourci et ne soutenant plus qu'une charge de 20gr. La très légère différence qui se manifeste alors est toujours à l'avantage du muscle tétanisé sur la grosse charge immobilisée, même quand on a pris le soin — absolument

nécessaire — de laisser supporter par le muscle la chute du poids de 20gr après la tétanisation. Malgré cette différence, l'expérience n'en atteint pas moins son but, c'est-à-dire la démonstration des compensations qui s'opèrent dans la dépense énergétique occasionnée par le travail intérieur du muscle, quand les deux facteurs de cette dépense, la charge et le raccourcissement musculaire, varient en sens inverse, d'après les règles ci-devant déterminées.

» Ainsi, lorsqu'une même excitation nerveuse sollicite la contraction statique d'un muscle qui supporte une charge plus forte sans raccourcissement ou une charge plus faible avec raccourcissement, l'uniformité de la dépense énergétique se révèle dans l'uniformité ou la quasi-uniformité de l'échauffement musculaire, si les contractions statiques ne s'accompagnent d'aucun travail mécanique persistant.

» B. Expériences sur la contraction statique avec travail positif. — *Échauffement du muscle dans le cas de passage de la contraction statique soutenant la charge* 80 *sans raccourcissement à la contraction statique soutenant la charge* 20 *avec raccourcissement musculaire, le travail positif étant ou non neutralisé par le travail négatif correspondant.* — La combinaison des deux conditions statiques dont il vient d'être question fournit le meilleur moyen de se renseigner sur l'absorption d'énergie par le travail positif.

» Pendant une seconde, le muscle, tétanisé sans raccourcissement, supporte la charge 80. Puis, cette première seconde écoulée, la charge est allégée des trois quarts, et le quart restant est aussitôt soulevé et reste soulevé pendant la deuxième seconde. Après quoi, l'excitation cessant, la charge 20 retombe en tendant le muscle relâché, ce qui restitue à ce dernier la chaleur qui avait été prise par le travail positif.

» Voilà la première phase de l'expérience. Elle est immédiatement suivie de la seconde phase, celle dans laquelle le travail positif n'est pas compensé, c'est-à-dire où la charge 20, au lieu de retomber, reste soulevée, grâce au fixateur automatique, à la hauteur où l'avait amenée le raccourcissement du muscle.

» D'après les prévisions théoriques l'échauffement musculaire doit être moindre dans ce dernier cas; mais, comme je l'ai expliqué, la différence ne peut atteindre qu'une très faible valeur. Aussi les expériences dans lesquelles est poursuivie cette comparaison sont-elles particulièrement difficiles et délicates. Beaucoup doivent être abandonnées, quand les variations d'échauffement, introduites par les tâtonnements préliminaires dans les conditions de l'excitabilité du nerf, ne permettent plus d'obtenir des résultats parfaitement comparables. Mais on est parfois favorisé sous ce rapport, et alors, on peut constater avec sûreté s'il y a eu écart d'échauffement dans les deux cas mis en comparaison.

» Dans la masse considérable des documents, la plupart inutilisables, recueillis pendant mes très nombreuses tentatives, j'ai retrouvé cinq expériences où la comparaison des deux conditions a pu être répétée de trois à sept fois, toujours avec des

résultats sensiblement approchants. On a même réussi, dans une de ces expériences, à obtenir, en plus, la comparaison avec chacun des deux états statiques simples. Les résultats sont consignés dans le Tableau ci-dessous, où les chiffres représentent des moyennes :

	Valeur relative de l'échauffement d'après les indications de l'échelle galvanométrique.				
	1re exp.	2e exp.	3e exp.	4e exp.	5e exp.
Contraction statique simple sans travail extérieur ou avec travail extérieur neutralisé :					
A. Charge 80, soutenue sans raccourcissement du muscle........	16	»	»	»	»
B. Charge 20, soutenue avec raccourcissement du muscle	15+	»	»	»	»
Contraction statique mixte avec travail positif pendant le passage de la condition A à la condition B :					
C. Travail positif compensé.......	15+	12	7	6	8
D. Travail positif non compensé...	14	11	6,5	6—	7,5+

» Évidemment, d'après ce Tableau, *le déficit de chaleur qui s'observe dans le cas de travail positif non compensé est très faible. Néanmoins, il est net. Il n'y a donc pas à douter que le travail positif n'absorbe alors de l'énergie*, comme dans les expériences de A. Fick.

» C. Expériences sur la contraction statique avec travail négatif. — *Échauffement du muscle dans le cas de passage de la contraction statique soutenant la charge* 20 *avec raccourcissement à la contraction statique soutenant la charge* 80 *sans raccourcissement.* — Les expériences consacrées à l'étude de l'échauffement musculaire dans le cas de travail négatif sont incomparablement moins délicates que les expériences sur le travail positif. Elles donnent de plus des résultats dont l'observation est beaucoup plus facile, en raison de la grandeur qu'ils peuvent atteindre.

» Lorsque le degré à peu près convenable d'excitation nerveuse a été trouvé, on détermine l'échauffement musculaire dans les trois conditions suivantes :

» A. Contraction statique *sans* raccourcissement du muscle soutenant la charge 80 pendant deux secondes;

» B. Contraction statique *avec* raccourcissement du muscle, soutenant la charge 20 pendant deux secondes;

» C. Contraction statique *avec* raccourcissement du muscle, soutenant la charge 20 pendant une seconde, puis brusque addition de la charge 60, *travail négatif* et soutien de la charge 80, *sans* raccourcissement pendant la deuxième seconde.

» Il est bien rare que la condition C ne se caractérise pas par un échauffement su-

périeur à celui des deux autres conditions A et B. Voici quatre expériences où la différence a été particulièrement remarquable :

	Valeur relative de l'échauffement musculaire d'après les indications de l'échelle du galvanomètre.			
	1re exp. (6 compar.).	2e exp. (2 compar.).	3e exp. (4 compar.).	4e exp. (3 compar.).
Condition A : Contraction statique sans raccourcissement	11	4	7	5
Condition B : Contraction statique avec raccourcissement	10	4—	6,5	5
Condition C : Contraction statique mixte avec travail négatif intercalé entre les deux parties	19	10	12	13

» Cette dernière série C, avec ses chiffres 19, 10, 12, 13, comparés à ceux des autres séries A et B, démontre de la manière la plus claire que *le travail négatif donne, en tout ou en partie, au muscle qui l'amortit et l'éteint, l'énergie calorique dont ce travail est l'équivalent.*

» D. Expériences comparatives sur le travail positif et le travail négatif, tirés d'un boudin de caoutchouc, par suppression et restitution alternatives d'une partie de la charge qu'il soutient. — Si, dans les expériences dont il vient d'être question, on remplace les muscles par des boudins de caoutchouc d'excellente qualité, on obtient exactement les mêmes résultats.

» Par exemple, un de ces boudins, allongé par une charge composée d'un poids de 500gr et d'un autre de 1500gr, quand celui-ci est supprimé, soulève le premier et fait ainsi du *travail positif.*

» Lorsque le poids de 1500gr est rétabli, le boudin revient à sa longueur première et fait ainsi du *travail négatif.* Or, de même que ces deux travaux mécaniques sont entre eux dans le rapport de 1 à 4, le refroidissement que l'un produit, l'échauffement que l'autre détermine, sont entre eux dans le même rapport à peu près.

» Comme l'élasticité parfaite acquise par les muscles en état de contraction statique est absolument comparable à celle que le caoutchouc possède naturellement à un si haut degré, il n'est pas douteux que la même loi ne régisse les écarts d'échauffement que détermine, dans les muscles ainsi contractés, la suppression ou le rétablissement d'une partie de la charge qu'ils soutiennent, c'est-à-dire le travail positif et le travail négatif automatiques qui en résultent. La complication qu'introduit, dans le cas du muscle contracté, la dépense énergétique suscitée pour la création de son élasticité empêche seule les manifestations thermodynamiques de se pro-

duire aussi simplement, aussi nettement et aussi facilement que dans le caoutchouc. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. Guillerminet soumet au jugement de l'Académie la description d'un appareil auquel il donne le nom de *Multi-répartiteur angulaire*.

(Commissaires : MM. Maurice Levy, Léauté.)

M. C. Gros adresse une Note sur un « Commutateur électrique manœuvrable à distance ».

(Commissaires : MM. Cornu, Mascart.)

M. Delauney adresse une Note sur les « Périhélies des planètes ».

(Commissaires : MM. Faye, Wolf.)

M. Foveau de Courmelle adresse une Note sur « l'Autoradioscopie ».

Cette Note est renvoyée à l'examen de M. Becquerel.

M. Labergère soumet au jugement de l'Académie un Mémoire sur « la géométrie du triangle ».

(Commissaires : MM. Picard, Appell.)

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Un Ouvrage de M. *E. Ariès* ayant pour titre : « Chaleur et Énergie ». (Présenté par M. Cornu.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les différentielles successives d'une fonction de plusieurs variables.* Extrait d'une Lettre de M. **Moutard**, présentée par M. Appell.

« Les différentielles successives d'une fonction de plusieurs variables sont des formes homogènes par rapport aux accroissements des variables. J'appellerai *solution d'une différentielle* tout système de fonctions des variables, qui, substituées aux accroissements, l'annulent, et j'emploierai les noms de *solution simple ou multiple* pour une différentielle ou un groupe de différentielles, avec les mêmes acceptions variées que dans la théorie des équations à plusieurs inconnues.

» Cela posé, les différentielles jouissent des propriétés suivantes :

» I. *Lorsqu'il existe une solution commune à des différentielles consécutives, en nombre égal à celui des variables, cette solution appartient à toutes les différentielles suivantes.*

» II. *Lorsqu'une différentielle admet une solution multiple, cette solution appartient, avec le même degré, à toutes les suivantes.*

» III. *Lorsqu'un groupe de différentielles consécutives, en nombre inférieur à celui des variables, admet une solution commune double, celle-ci est une solution double de tout groupe plus éloigné.*

» Comme corollaire, on peut ajouter ces deux remarques, dont la démonstration directe est facile :

» IV. *Lorsque deux différentielles consécutives admettent un diviseur commun* (fonction des accroissements), *ce facteur se retrouve dans les suivantes.*

» V. *Lorsqu'une différentielle admet un facteur multiple, ce facteur entre au même degré dans les suivantes.*

» Il est d'ailleurs évident que ces deux remarques se confondent respectivement avec les propositions I et II, lorsqu'on ne considère que deux variables indépendantes.

» Les propositions que je viens d'énoncer suggèrent des problèmes de Calcul intégral très variés, dont la résolution se rattache étroitement à la méthode employée pour la démonstration de ces propositions.

» J'énoncerai d'abord ceux qui conduisent à l'intégration d'une seule équation aux dérivées partielles.

» 1° Former les fonctions qui remplissent les conditions énoncées

dans I; c'est-à-dire *intégrer l'équation différentielle qui résulte de l'élimination des accroissements entre des différentielles consécutives, en nombre égal à celui des variables.* Cette équation, dont celle des surfaces réglées à plan directeur, et celle des surfaces réglées quelconques, fournissent les exemples les plus simples, est d'un ordre égal à celui de la dernière des différentielles du groupe dont on a formé le résultant. Je suis parvenu à en trouver l'intégrale générale sous une forme qui n'exige plus que des éliminations et qui renferme le nombre voulu de fonctions arbitraires de variables auxiliaires en nombre inférieur d'une unité à celui des variables primitives. Pour énoncer le résultat d'une manière précise, concevons que l'on conserve une des variables primitives, et qu'on exprime chacune des autres par une fonction linéaire de celle-là; les coefficients de la variable conservée seront les variables auxiliaires, et les termes indépendants en seront des fonctions arbitraires; l'intégrale générale est alors donnée par un polynome entier par rapport à la variable conservée, d'un degré inférieur d'une unité à l'ordre de la première des différentielles du groupe, et dont les coefficients sont des fonctions arbitraires des variables auxiliaires.

» Le nombre total des fonctions arbitraires est donc bien égal à celui de l'ordre de l'équation. Il est d'ailleurs évident que l'on peut donner à la solution, une apparence plus générale, en effectuant une substitution linéaire.

» 2° Former les fonctions dont une différentielle admet une solution double, c'est-à-dire *intégrer l'équation résultant de l'élimination des accroissements entre les dérivées premières d'une différentielle par rapport aux accroissements.*

» En remarquant que, d'après II, toute solution de cette équation est nécessairement une solution de celle du premier problème, on est amené à rechercher les conditions, en nombre égal à celui des variables auxiliaires, auxquelles doivent satisfaire les arbitraires qui entrent dans le type général. L'ensemble de ces conditions s'exprime par un système d'équations aux dérivées partielles du premier ordre. L'intégration de ces équations constitue un problème d'un ordre moindre de difficultés que le problème primitif, puisqu'il y a une variable de moins; il peut être ramené à de simples quadratures dans le cas de deux variables.

» La solution peut se présenter sous une forme différente en apparence, mais conduisant aux mêmes calculs. Si dans un polynome entier par rapport aux variables primitives, d'un degré inférieur d'une unité à l'ordre de l'équation, on établit une dépendance convenable entre les coefficients

considérés comme fonctions de variables auxiliaires, il suffira pour obtenir la solution cherchée de substituer dans le polynome à ces auxiliaires les valeurs qui annulent ses dérivées premières par rapport aux auxiliaires.

» L'intégration de l'équation des surfaces développables, c'est-à-dire de l'équation qui exprime que la deuxième différentielle d'une fonction de deux variables, a une solution double, offre l'exemple le plus simple des deux formes de solutions du deuxième problème.

» 3° Former les fonctions pour lesquelles un groupe de différentielles consécutives en nombre *inférieur* à celui des variables admet une solution double, c'est-à-dire *intégrer l'équation différentielle qui exprime cette condition.*

» On est amené, comme ci-dessus, à rechercher les conditions auxquelles doivent satisfaire les arbitraires du type général, pour qu'il vérifie cette nouvelle équation. Le nombre des conditions est 1, 2, 3, ..., suivant que le nombre des différentielles considérées est inférieur de 1, 2, 3, ... unités au nombre des variables. N'étant plus guidé ici par l'analogie avec le cas relativement facile de deux variables, ce n'est qu'après de longs tâtonnements que j'ai réussi à former les équations qui les expriment. Il ne m'est pas possible de donner une indication sommaire de la méthode que j'ai suivie, bien qu'elle ne soit pas très compliquée et qu'elle s'applique avec simplicité au cas particulier qui constitue le deuxième problème. Je dirai seulement que, dans cette discussion, un rôle qui me paraît essentiel appartient au déterminant des fonctions arbitraires des variables auxiliaires, qui sont les termes indépendants des expressions des variables primitives par l'une d'entre elles.

» Les problèmes plus compliqués, tels que ceux-ci : Former des fonctions pour lesquelles un groupe de différentielles en nombre égal à celui des variables admet plusieurs solutions communes (on pourrait dire qui admettent plusieurs modes de générations distincts du type défini ci-dessus); former des fonctions pour lesquelles un groupe de différentielles, en nombre inférieur à celui des variables, admet une solution multiple d'un ordre supérieur à 2, ou plusieurs solutions multiples; former les fonctions de plus de deux variables pour lesquelles deux différentielles consécutives ont un facteur commun, ou bien pour lesquelles une différentielle admet un facteur multiple, et d'autres encore d'un caractère plus particulier [1],

---

[1] M. Appell a bien voulu me signaler et me résumer un Travail de M. Darboux, que je n'ai pu encore étudier, sur une question qui touche par un côté à celles dont

se ramènent tous, non plus à l'intégration d'une équation unique, mais à la recherche de fonctions qui vérifient simultanément plusieurs équations à une seule inconnue.

» Ces problèmes constituent un ensemble trop vaste pour être traité d'une manière générale; mais la méthode suivie ci-dessus conduit naturellement à des solutions nombreuses et assez étendues; je réserve à une lettre ultérieure l'énoncé des principaux d'entre eux.

» Les propositions énoncées au début de cette Note, et les problèmes qui s'y rattachent, pourraient s'énoncer plus brièvement, si l'on voulait employer le langage de la Géométrie à n dimensions. En se restreignant à la Géométrie ordinaire et aux fonctions de deux variables, et en considérant ces deux variables et la fonction comme les coordonnées (rectilignes ou curvilignes) d'un point de l'espace, on obtient une interprétation géométrique qu'il me paraît intéressant de signaler.

» On sait que, si une famille de courbes planes ou gauches dépend de k paramètres, il est, en général, possible de trouver, pour chaque point d'une surface, plusieurs courbes de cette famille qui aient avec elles, en ce point, un contact de l'ordre $k-2$. Cela posé, il existe un nombre illimité de pareilles familles, pour chacune desquelles on peut affirmer les deux propriétés suivantes, qui sont respectivement la traduction des propositions I et II :

» 1° Si en chaque point d'une surface, il est possible de trouver une courbe de la famille qui ait avec elle un contact d'ordre supérieur $k-1$, cette courbe est tout entière sur la surface, laquelle est, par conséquent, susceptible d'être engendrée par des courbes de cette famille;

» 2° Si parmi les courbes de la famille qui ont avec une surface en un point donné un contact de l'ordre $n-2$, il en existe deux qui soient tangentes entre elles, quel que soit le point considéré, ces courbes se con-

---

je me suis occupé. Le célèbre géomètre a complètement résolu le problème suivant : Trouver toutes les fonctions dont une différentielle est divisible par la précédente (*Comptes rendus*, 26 décembre 1881 et 27 février 1882, et *Bulletin des Sciences mathématiques*, t. V, p. 376 et 395). Il a généralisé ainsi la remarque de M. Hermite sur le développement de la racine carrée d'une fonction quadratique, et il a indiqué dans quelle mesure on peut l'étendre à toutes les fonctions algébriques. C'est cette même remarque de M. Hermite qui a suggéré, en grande partie, mes propres recherches; mais la direction dans laquelle j'en ai poursuivi la généralisation me semble entièrement différente de celle suivie par M. Darboux.

fondent et la surface donnée peut être considérée comme une enveloppe de surfaces dont les caractéristiques sont des courbes de la famille.

» Quant à la seconde catégorie de problèmes, ceux qui ne se traduisent pas par l'intégration d'une équation unique, les solutions que j'en ai obtenues fournissent, les unes, des surfaces qui admettent plusieurs modes de génération distincts par des courbes de la même famille; les autres, des surfaces enveloppes qui ont avec les enveloppées le long des caractéristiques un contact d'ordre supérieur au premier.

» Le type général des courbes qui jouissent des propriétés que je viens d'énoncer peut se définir en disant que l'une des coordonnées doit être une fonction du premier degré d'une autre, et la troisième une fonction de degré $k-3$ de celle-ci.

» Par exemple, pour $k=3$, la courbe est l'intersection d'une surface appartenant à un faisceau, c'est-à-dire dépendant d'un seul paramètre, et d'une surface appartenant à un réseau, c'est-à-dire dépendant linéairement de deux paramètres, à la condition qu'il existe une surface appartenant à la fois au faisceau et au réseau : telles sont par exemple, les droites assujetties à rencontrer une droite fixe; telles sont encore, pour citer un exemple de courbes transcendantes, les hélices tracées sur des cylindres de révolution concentriques.

» Pour $k=4$, on obtient les courbes qui sont l'intersection de deux surfaces appartenant à des réseaux différents, à la condition qu'il existe deux surfaces communes à ces réseaux; telles sont, par exemple, les droites qui ne sont assujetties à aucune condition; enfin, pour k quelconque, je citerai les courbes planes de degré $k-3$, dont les plans passent par un point fixe, et dont $n-4$ branches passent en ce point et y sont tangentes à un même plan, ou, ce qui revient au même, les paraboles planes d'ordre $k-3$ dont la direction asymptotique est fixe. Ce dernier exemple définit en réalité le type le plus général, à la condition de remplacer, dans les équations de la parabole, les coordonnées cartésiennes par des coordonnées curvilignes quelconques.

» J'indique en terminant les deux questions que soulève cette interprétation géométrique; à savoir : 1° A quels caractères peut-on reconnaître, quand les équations d'une courbe à k paramètres sont données en coordonnées cartésiennes, si elle rentre ou non dans le type indiqué; 2° Existe-t-il d'autres types jouissant des mêmes propriétés. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination du groupe de transformations d'une équation différentielle linéaire.* Note de M. F. **Marotte**, présentée par M. Émile Picard.

« I. La recherche du groupe de transformations défini par M. Picard pour une équation différentielle linéaire d'ordre n exige la résolution préalable des problèmes suivants :

» 1° *Détermination de tous les groupes de transformations linéaires homogènes algébriques à n variables.* — Les travaux de MM. Klein, Jordan et Lie font connaître, pour $n = 2$, 3 et 4, tous les groupes discontinus et continus; il serait facile de déterminer les groupes mixtes.

» 2° *Former pour chacun de ces groupes un système caractéristique d'invariants différentiels.* — Lorsque les équations du groupe sont connues, ce problème n'exige que des éliminations; on trouve ainsi les invariants

$$u = \varphi(y_1, \ldots, y_n, y'_1, \ldots), \qquad v = \psi(y_1, \ldots, y_n, y'_1, \ldots), \qquad \ldots,$$

qui sont fonctions rationnelles de $y_1, \ldots, y_n$ et de leurs dérivées jusqu'à l'ordre n.

» De plus, on peut former, par élimination, les résolvantes dont dépendent les invariants $u, v, \ldots$, considérés comme fonctions de x.

$$\Phi(x, u, u', \ldots) = 0, \qquad \Psi(x, v, v', \ldots) = 0, \qquad \ldots.$$

» 3° *Rechercher enfin les intégrales rationnelles de ces équations.* — Or elles font partie d'une classe remarquable d'équations différentielles étudiées par M. Painlevé (*Comptes rendus*, juillet 1894).

» L'intégrale générale de l'équation Φ s'écrit en effet

$$U = \varphi(Y_1, \ldots, Y_n, Y'_1, \ldots) = \varphi(\Sigma a_{1k} y_k, \ldots, \Sigma a_{nk} y_k, \ldots, \Sigma a_{1k} y'_k, \ldots),$$

où les y sont des intégrales particulières déterminées de l'équation linéaire considérée; *l'intégrale générale* U *est donc une fonction rationnelle connue des constantes arbitraires*.

» M. Painlevé a démontré que l'on peut, par une transformation algébrique connue, ramener l'équation en u à une équation linéaire et en calculer effectivement toutes les intégrales rationnelles ou algébriques à un nombre donné de branches; la détermination de *toutes* les intégrales algébriques exigerait l'étude de quadratures.

» Ces résultats résolvent donc complètement la question suivante :

» *Reconnaître si une équation linéaire donnée admet comme groupe de transformations un groupe donné.*

» II. Il est nécessaire d'expliquer le sens qu'il faut attacher à l'expression *groupe donné* dans l'énoncé précédent.

» Il faut entendre par là que toutes les constantes entrant dans les équations du groupe sont connues *numériquement*. Un exemple nous permettra de préciser davantage ce point.

» Supposons que l'on veuille savoir si l'équation

$$(1) \qquad \frac{d^2y}{dx^2} + \mathrm{P}(x)\frac{dy}{dx} + \mathrm{Q}(x)y = 0$$

admet comme groupe des transformations le groupe

$$(g) \qquad \mathrm{Y}_1 = t^p y_1, \qquad \mathrm{Y}_2 = t^q y_2,$$

où p et q sont des entiers.

» Ce groupe a pour invariants différentiels caractéristiques

$$\frac{y'_1}{y_1}, \qquad \frac{y'_2}{y_2}, \qquad \frac{y_2^p}{y_1^q},$$

et il nous est toujours possible de reconnaître si l'équation (1) admet deux intégrales y_1 et y_2 dont les dérivées logarithmiques sont rationnelles et d'en calculer les valeurs

$$\frac{y'_1}{y_1} = \varphi_1(x), \qquad \frac{y'_2}{y_2} = \varphi_2(x).$$

» Si maintenant les entiers p et q sont donnés, on peut toujours reconnaître si $\frac{y_2^p}{y_1^q}$ est rationnel et savoir ainsi effectivement si le groupe de transformations est g. Mais si p et q sont inconnus la détermination du groupe est ramenée au problème suivant, que l'on saura résoudre dans un grand nombre de cas :

» A. Trouver deux nombres entiers p et q tels que

$$e^{\int(p\varphi_2 - q\varphi_1)\,dx}$$

soit une fonction rationnelle de x.

» L'énumération de *tous* les types de groupes linéaires homogènes à deux variables conduit au résultat suivant :

» *Le théorème de M. Painlevé permet la détermination effective du groupe*

de transformations d'une équation du second ordre ou ramène cette détermination à un problème analogue à A.

» Dans le cas général, s'il s'agit de reconnaître si une équation linéaire E admet comme groupe de transformations un groupe g, dont les équations contiennent des indéterminées, on formera le groupe G contenant le groupe g et dont les équations sont entièrement connues; *on pourra alors décider effectivement si l'équation* E *admet comme groupe de transformations* G *ou un de ses sous-groupes*. La détermination complète du groupe de transformations dépend ensuite de recherches arithmétiques.

» Remarquons enfin qu'on peut, dans la recherche du groupe de transformations, éviter l'énumération des groupes mixtes; en effet, un tel groupe admet un sous-groupe continu dont les invariants différentiels sont, non plus rationnels, mais algébriques. On devra donc rechercher les intégrales algébriques des équations résolvantes.

» III. On peut se proposer de résoudre la question inverse, c'est-à-dire de construire toutes les équations linéaires admettant un groupe de transformations donné; l'énumération des types de groupes à deux variables donne immédiatement le résultat suivant, qui complète les théorèmes de M. Klein sur la formation des équations du second ordre intégrables algébriquement :

» *On peut construire effectivement toutes les équations linéaires du second ordre admettant un groupe de transformations donné.* »

PHYSIQUE. — *Sur les chaleurs latentes de vaporisation et la loi de Van der Waals.* Note de M. **Georges Darzens**, présentée par M. A. Cornu.

« On trouve dans Van der Waals (¹) la formule suivante : $\frac{M\lambda}{T_c} = f\left(\frac{T}{T_c}\right)$, où M est le poids moléculaire, λ la chaleur latente de vaporisation à la température absolue T, T_c la température absolue critique et f une fonction, la même pour tous les corps.

» Cette loi, ainsi que je l'ai montré dans une Note précédente (²), ne dépend que de la loi plus générale des états correspondants et peut se mettre sous la forme $\frac{M\lambda}{T} = F\left(\frac{T}{T_c}\right)$, où le premier membre est indépendant

(¹) *La continuité des états gazeux et liquide* (traduction française), p. 199.
(²) *Comptes rendus*, t. CXXIII, p. 940.

de la température critique, circonstance plus favorable pour les vérifications expérimentales.

» Les données sur les chaleurs latentes étant plus nombreuses que les réseaux représentant la fonction caractéristique, j'ai pensé qu'il y avait quelque intérêt à voir jusqu'à quel point la relation exprimée par cette dernière formule se trouve vérifiée par l'expérience, afin de pouvoir juger ainsi indirectement de l'exactitude et de la généralité de la loi des états correspondants.

» Si l'on porte sur une feuille quadrillée $\frac{T}{T_c}$ en abscisse et $\frac{M\lambda}{T}$ en ordonnée, chaque mesure de λ se trouve représentée par un point et ces différents points, appartenant, soit à un même corps, mais à des températures différentes, soit à des corps différents, devront se placer suivant une courbe continue, ou plutôt suivant une zone étroite si la loi des états correspondants est exacte.

» En opérant ainsi, j'ai constaté que cette loi était inexacte si l'on voulait réunir tous les corps ensemble, et *cela même aux environs du point critique*. Mais il est possible de former des groupes de corps où cette loi se vérifie, au contraire, d'une façon très satisfaisante.

» Un premier groupe renferme la benzine, le chloroforme, le tétrachlorure de carbone, l'acide sulfureux, le protoxyde d'azote, l'acide carbonique. Les courbes représentatives des trois premiers corps ont été tracées d'après les données de Regnault, celles des trois derniers d'après les déterminations de MM. Cailletet et Mathias.

» J'ai employé également, pour l'acide carbonique, les mesures de M. Amagat, qui a déterminé u', u et p en fonction de t (de 0° à 31°,35), ce qui m'a permis de calculer λ. Or la courbe de Az^2O se trouve comprise entre les courbes des deux séries de déterminations de CO^2. Les points représentatifs des corps suivants (pour la température d'ébullition normale) : C^2H^5Cl, C^2H^5Br, $PhCl^3$, AzH^3, $SnCl^4$, toluène, méthylal, se placent très près de la courbe moyenne et rentrent dans ce groupe.

» Un deuxième groupe renferme l'eau, l'acétone et l'éther; il y a toutefois quelques réserves à faire pour ce dernier corps, car les déterminations de MM. Ramsay et Young ne concordent pas avec celles de Regnault et se rapprochent beaucoup de celles du premier groupe. Ce groupe renferme également un grand nombre d'éthers, des acides gras, le cyanogène et la diéthylamine.

» Les courbes de l'alcool éthylique et propylique (d'après Ramsay et

Young) forment un troisième groupe qui renferme le point représentatif de l'alcool amylique à 132°.

» Quant au sulfure de carbone, il se place à part, au-dessous des trois groupes précédents.

» Les écarts observés dans un groupe s'expliquent facilement : d'une part, par l'incertitude sur T_c; d'autre part, par les erreurs de mesures de λ et la pureté du liquide. Ainsi, par exemple, la courbe de $CHCl^3$, d'après Regnault, a un écart moyen de 5 pour 100 par rapport à celle de CCl^4, du même auteur. Or Regnault reconnaît lui-même que son chloroforme était impur ; mais le point représentatif d'une mesure de λ, faite par Würtz sur du chloroforme pur à la température d'ébullition normale, tombe exactement sur la courbe de CCl^4.

» Toutes ces courbes $y = F(x)$ ont un caractère commun : pour de faibles valeurs de $x = \frac{T}{T_c}$ elles présentent une légère concavité vers les y positifs, puis elles présentent un point d'inflexion pour $\frac{T}{T_c} = 0,750$ environ, enfin elles tournent leur concavité vers les y négatifs, prennent un caractère parabolique, et atteignent le point critique avec une tangente verticale.

» La considération de ces graphiques permet de prolonger les courbes des chaleurs latentes d'un corps jusqu'au point critique et de donner ainsi des valeurs probables de λ à toutes les températures. L'extrapolation n'est plus alors livrée au hasard d'une formule empirique ; elle se trouve, au contraire, dirigée par les déterminations faites sur d'autres corps.

» Un grand nombre de travaux nous ont amené à concevoir, dans ces dernières années, que les liquides, surtout près de leurs points de solidification, avaient des molécules complètes multiples de leur molécule chimique. Cette circonstance doit certainement amener une perturbation dans la loi que j'indique ici. Il est donc probable que ces groupes de courbes, tout en coïncidant pratiquement dans une grande partie de leur étendue, doivent diverger légèrement pour les faibles valeurs de $\frac{T}{T_c}$.

» En terminant, je veux faire remarquer que la loi de Trouton $\left(\frac{M\lambda}{T} = \text{const. pour le point d'ébullition normal}\right)$ n'est qu'une conséquence de la loi des états correspondants, car au point d'ébullition on a sensiblement $\frac{T}{T_c} = \text{const.}$ »

PHYSIQUE. — *Stéréoscopie de précision appliquée à la Radiographie.* Note de MM. T. Marie et H. Ribaut.

« Les clichés radiographiques ordinaires présentent deux sortes d'inconvénients :

» 1° Les trois dimensions de l'objet sont réduites à deux dans la photographie. En outre, les images obtenues, étant analogues à celles de corps vus uniquement par transparence, ne donnent aucune indication de relief. Leur examen ne permet donc pas d'apprécier la forme des surfaces et de connaître l'ordre de superposition des divers plans de l'objet. Ce dernier point constitue un défaut grave, surtout pour l'application au diagnostic.

» 2° La faible distance qui sépare le tube producteur de rayons X de la plaque sensible entraîne généralement la déformation de l'image. La déformation est d'autant plus grande, que l'objet est plus épais et le tube plus près de la plaque.

» Ces inconvénients rendent souvent l'interprétation des clichés très difficile et limitent beaucoup les indications qu'on peut en tirer. La Stéréoscopie, en nous permettant de voir les objets dans l'espace, vient combler cette lacune; mais, pour que le but soit complètement atteint, il est nécessaire de voir l'objet reconstitué semblable à l'objet radiographié, c'est-à-dire de faire de la Stéréoscopie de précision. Cette dernière seule pourra nous donner une vision exacte des formes des objets et des rapports des organes qui les constituent.

» Les règles générales de la Stéréoscopie de précision, appliquée à la Photographie ordinaire, ont été posées par M. Cazes ([1]).

» Elles sont résumées dans les deux formules suivantes :

$$\frac{D}{d} = \frac{P}{p} = \frac{\Delta}{\delta},$$ tirée de considérations géométriques,

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{d+p} = \frac{1}{330^{\text{cm}}},$$ tirée de considérations physiologiques.

D, distance des points de vue au premier plan de front de l'objet;
a, distance aux yeux du premier plan de front de l'objet reconstitué;
P, épaisseur de l'objet; *p*, profondeur de l'objet reconstitué;
Δ, intervalle des points de vue; δ, intervalle des yeux.

» La première de ces relations montre que, quel que soit l'écartement,

([1]) L. Cazes, *Stéréoscopie de précision*. Brochure de 70 pages. Paris, 1895.

le relief est exact pourvu que les épreuves soient correctement examinées. Elle montre, en outre, que, pour une distance donnée D, le relief est d'autant plus intense que l'écartement est plus grand.

» La deuxième relation impose un maximum à cet écartement dont la valeur, en donnant, pour simplifier, à δ la valeur moyenne $6^{cm},6$, est exprimée par

$$\Delta\,\text{max.} = \frac{D(D+P)}{50P}.$$

» Elle indique aussi que, quelle que soit la distance de l'objet réel et son épaisseur, l'intensité du relief total sera constante, pourvu qu'on emploie l'écartement maximum calculé au moyen de la formule précédente.

» Partant de cette formule, nous avons calculé la valeur de l'écartement maximum pour des objets dont l'épaisseur varie de 1^{cm} à 15^{cm}, et pour des distances comprises entre 10^{cm} et 35^{cm} (du tube à l'objet).

	D.																	
	10.			15.			20.			25.			30.			35.		
P.	Δ.	*d.*	G.	Δ.	*d.*	G.	Δ.	*d.*	G.	Δ.	*d.*	G.	Δ.	*d.*	G.	Δ.	*d.*	G.
1.	2,2	30	3,0	4,8	20	1,3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
2.	1,2	55	5,5	2,5	39	2,6	4,4	30	1,5	6,7	24	0,9	»	»	»	»	»	»
3.	0,8	85	8,5	1.8	55	3,6	3,0	44	2,2	4,0	41	1,6	6,6	30	1,0	»	»	»
4.				1,4	70	4,6	2,4	55	2,7	3,6	46	1,8	5,4	36	1,2	6,8	34	0,9
5.				1,3	82	5,4	2,0	66	3,3	3,0	55	2,2	4,2	47	1,5	5,6	41	1,1
6.				1,0	99	6,6	1,7	77	3,8	2,6	63	2,5	3,6	55	1,8	4,7	46	1,4
7.							1,5	88	4,4	2,1	78	3,1	3,2	62	2,0	4,2	55	1,5
8.							1,4	94	4,7	2,0	80	3,2	2,8	70	2,3	3,7	62	1,7
9.							1,3	100	5,0	1,9	87	3.4	2,6	76	2,5	3,4	68	1,9
10.							1,2	110	5,5	1,8	91	3,6	2,4	82	2,7	3,1	74	2,1
11.							1,1	120	6,0	1,7	97	3,8	2,2	90	3,0	2,9	80	2,3
12.							1,0	130	6,5	1,6	103	4,1	2,1	94	3,1	2,7	85	2,4
13.							1,0	130	6,5	1,5	110	4,4	2	99	3,3	2,5	92	2,6
14.							0,9	148	7,4	1,4	118	4,7	1,9	104	3,4	2,4	96	2,7
15.										1,3	127	5,0	1,8	110	3,6	2,3	100	2,8

» Les lettres P, D, α, Δ employées dans cette Table ont la signification indiquée plus haut. G représente le grossissement.

» Les valeurs calculées sont susceptibles d'un emploi courant.

» *Cas particulier.* — Il est toujours préférable, lorsque l'objet s'y prête, d'obtenir une reproduction grandeur naturelle. En effet, dans ce cas, l'examen au stéréoscope est facile, car l'accommodation et l'angle de convergence se correspondent. L'écartement maximum doit être alors égal à

celui des yeux; la formule précédente devient

$$\frac{D(D+P)}{50P} = 6^{cm},6.$$

» Étant donnée l'épaisseur d'un objet, on en tire la distance à laquelle on doit placer le tube.

» *Vérifications expérimentales.* — Nous avons cru devoir vérifier par l'expérience les diverses idées théoriques émises précédemment.

» 1. *L'existence d'un maximum pour l'écartement.*

» Les épreuves (une vingtaine de couples stéréoscopiques), faites en employant les nombres inscrits dans la Table, nous ont toujours donné d'excellents résultats. Le relief est exact, son intensité totale est maximum, et cependant l'œil parcourt facilement et sans fatigue les divers plans de l'objet reconstitué. D'autre part, divers essais ont été faits en dépassant les limites de l'écartement. L'examen de l'objet reconstitué a été toujours difficile ou impossible, suivant la grandeur de la différence entre l'écartement employé et celui qu'on n'aurait pas dû dépasser. Nous signalerons, parmi ces expériences, les suivantes :

	Nature de l'objet.	Épaisseur.	Distance.	Écartement employé.	Écart maximum.	Résultat.
I.	Poumon de fœtus....	cm 1,7	cm 20	cm 5,1	cm 5,1	Reconstitution facile. Relief normal.
II.	Id.	1,7	20	6,6	5,1	Reconstitution difficile. Relief trop intense.
III.	Id.	1,7	20	3,4	5,1	Reconstitution facile, mais relief moins intense que dans le Ier cas.
IV.	Cerveau............	5	25	3,5	3	Comme dans le IIe cas.
V.	Foie de fœtus.......	3	20	3,5	3	Id.

» 2. *La constance de l'intensité du relief total, quand la distance du tube à l'objet varie, l'écartement des points de vue restant maximum.*

» Cette constance est vérifiée par toutes nos expériences, faites à des distances comprises entre $0^m,15$ et $0^m,35$, et en particulier par la série suivante :

Nature de l'objet.	Épaisseur.	Distance.	Écartement employé.	Écart maximum.	Résultat.
	cm	cm	cm	cm	
Poumon de fœtus....	1,7	20	5,1	5,1	Objet reconstitué, agrandi. Relief normal.
Id.	1,7	22,8	6,6	6,6	Objet grandeur naturelle. Même relief.
Id.	1,7	30	11,2	11,2	Objet rapetissé. Même relief. Détails insuffisants.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du nickel sur l'éthylène.* Note de MM. **Paul Sabatier** et **J.-B. Senderens.**

« Nous avons fait agir l'éthylène sur le nickel obtenu en réduisant l'oxyde par l'hydrogène. Après refroidissement dans le courant d'hydrogène, on fait arriver l'éthylène soigneusement purifié et desséché (¹).

» Aucun effet ne se produit à froid, mais vers 300°, et plus aisément à température un peu plus haute, le nickel foisonne peu à peu en donnant une matière noire très volumineuse. La réaction est plus rapide si le métal a été réduit à température basse au voisinage de 300°, mais *elle se produit très bien avec du nickel obtenu par réduction au rouge.* Si le métal réduit forme dans le tube chauffé une traînée de $0^m,15$ à $0^m,20$, l'éthylène est totalement décomposé : le gaz qui sort de l'appareil est très peu éclairant.

» La matière noire est du charbon léger dans lequel le nickel se trouve disséminé.

» Les gaz recueillis ne contiennent pas en proportion appréciable de gaz absorbables par le brome, et ne donnent pas de réaction avec la solution ammoniacale de chlorure cuivreux : ils ne renferment donc aucune dose mesurable de carbures éthyléniques ou acétyléniques. Ils sont constitués par un mélange d'hydrogène et de carbures forméniques.

» Pour définir la nature de ces derniers, nous avons, au sortir du tube

---

(¹) Toute introduction d'air peut être évitée par le dispositif expérimental que nous avons antérieurement employé dans nos recherches sur les oxydes de l'azote (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 7ᵉ série, t. VII).

à nickel, dirigé le gaz dans un tube rempli d'oxyde cuivrique chauffé vers 250° à 300° : dans ces conditions, les hydrocarbures ne sont nullement modifiés, ainsi que nous l'avons vérifié ([1]), mais l'hydrogène libre est totalement transformé en eau. Le gaz recueilli, soumis à l'analyse, est du *méthane* sensiblement pur.

» La proportion d'hydrogène associé au formène est variable et augmente quand le nickel est chauffé davantage. Le nickel étant maintenu vers 400°, nous avons trouvé seulement un dixième d'hydrogène en volume; tandis que, dans un autre cas où le métal était porté au rouge sombre, le volume d'hydrogène atteignait la moitié du volume total.

» Le gaz a une odeur qui rappelle celle des éthers de pétrole, ce qui indique la présence de traces de carbures forméniques supérieurs; mais dans aucun cas, en faisant circuler le gaz dans un serpentin fortement refroidi, nous n'avons pu condenser aucune dose perceptible de produit liquide.

» La réaction réalisée par le nickel sur l'éthylène est donc principalement le dédoublement

$$C^2H^4 = C + CH^4.$$

» La production d'hydrogène paraît être une action secondaire, dont nous cherchons en ce moment à préciser les conditions.

» La dose d'éthylène détruit par un poids déterminé de métal est très grande : dans l'un des essais effectués avec du métal réduit à basse température, 1 atome de nickel a fixé plus de 30 atomes de charbon solide.

» La limaille de nickel peut servir à produire la réaction, mais moins régulièrement, et seulement à une température plus haute.

» Aucun phénomène semblable n'intervient avec le cuivre, le cobalt, le fer récemment réduits par l'hydrogène, non plus qu'avec la mousse de platine ou de palladium.

» L'année dernière ([2]), MM. Moissan et Moureu ont observé une réaction analogue fournie par l'acétylène sur les divers métaux réduits : fer, nickel, cobalt, et aussi sur la mousse de platine, et ils en ont attribué la cause à une action purement physique, due à l'absorption du gaz par le métal poreux : la chaleur qui en résulte suffit pour déterminer l'incandescence de la masse et décomposer le gaz endothermique.

» Cette explication ne peut être admise pour le cas actuel, puisque le

([1]) Il ne se produit aucune trace d'anhydride carbonique.

([2]) *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 1240.

nickel est seul actif, qu'il l'est encore quand il a été chauffé au rouge, et est ainsi devenu inoxydable à l'air froid; et puisque la décomposition de l'éthylène s'effectue ici selon un mécanisme très particulier, pouvant donner lieu au dédoublement presque exclusif en carbone et formène. Ce dédoublement est exothermique, mais il nous semble qu'on doit en rechercher la cause dans la formation entre le nickel et l'éthylène d'une combinaison instable, se dédoublant en carbone, méthane et nickel, capable de réitérer une formation identique. Nous avons vainement cherché à isoler à l'état permanent cette combinaison.

» L'éthylène agit, à température relativement basse, sur l'oxyde de nickel, pour donner lieu à des phénomènes semblables, ainsi que nous aurons l'honneur de le développer dans une prochaine Communication. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur les sables monazités*. Note de MM. G. Urbain et E. Budischovsky, présentée par M. Friedel.

« Nous avons entrepris ce travail pour rechercher s'il était légitime d'admettre l'existence dans les sables monazités d'une terre nouvelle, dont le poids atomique serait approximativement égal à 100.

» Dans des recherches très précises et très minutieuses sur le fractionnement des terres de la série yttrique, provenant des sables monazités, MM. P. Schützenberger et O. Boudouard [1] sont parvenus à isoler des portions indédoublables, présentant un caractère de stabilité assez grand, et dont le poids atomique est voisin de 102.

» Plus récemment, M. Drossbach [2], en étudiant une monazite, arrive à des conclusions semblables.

» En contradiction avec ces résultats, M. Crookes [3], ayant examiné un échantillon des terres yttriques, provenant de sables monazités, et désigné sous le nom de *lucium*, conclut de l'analyse spectrale, malgré les réserves de MM. P. Schützenberger et O. Boudouard, que ces oxydes doivent être considérés comme de l'yttrium impur.

» L'élément hypothétique devant être contenu dans la portion des terres yttriques qui précipite par l'hyposulfite de soude [4], nous nous bornerons

---

(1) *Comptes rendus*, t. CXXIII, 16 novembre 1896.
(2) *Berichte*, t. XXIX, n° 15, p. 2452.
(3) *Chem. News*, t. LXXIV, n° 1931, p. 259, 27 novembre 1896.
(4) *Chem. News*, t. LXXIV, n° 1927, p. 213, 30 octobre 1896.

dans cette Note à décrire les expériences que nous avons faites sur les portions des terres qui précipitent par ce réactif, encore que M. Crookes (1) ait démontré que ce réactif est un agent de fractionnement très grossier, et qu'il précipite partiellement l'yttrium.

» Les sables que nous avons étudiés sont les mêmes que ceux qui ont été l'objet des belles recherches de MM. P. Schützenberger et O. Boudouard. Nous avons multiplié le traitement des terres par le sulfate de potasse jusqu'à ce que les dissolutions examinées au spectroscope en solution concentrée et sous une épaisseur de 20^{cm} à 30^{cm} ne présentassent plus le spectre d'absorption du didyme. Le spectre d'absorption de la dissolution exempte de didyme est le suivant :

		Longueurs d'ondes.
Un affaiblissement....................		656-649
Une bande plus faible encore............		583-570
Une bande fine et faible.................		541
Une bande large.......................		535-517
Très faible	535-526	
Maximum assez fort....................	522	
Une bande très faible.................		493-484

» Ce spectre, qui est toutefois très peu intense, coïncide à peu près avec le spectre décrit pour l'erbium.

» L'un de nous ayant constaté que les acétylacétonates des terres rares sont solubles dans la plupart des dissolvants organiques, et se prêtent aisément aux fractionnements, il nous a semblé intéressant d'appliquer cette méthode à ces terres pour voir si nous arriverions à des résultats différents de ceux des auteurs précités.

» Nous avons suivi de très près la marche des fractionnements par la détermination des poids atomiques.

» La méthode que nous avons employée à cet effet ne paraît pas différer sensiblement de celle de MM. P. Schützenberger et O. Boudouard. Après bien des tâtonnements, et surtout grâce aux conseils de M. Friedel, nous nous sommes arrêtés à un mode opératoire qui nous paraît à l'abri de toute critique.

» Les sels sont transformés en nitrates; la solution des nitrates est additionnée d'acide sulfurique, et les sulfates évaporés à sec pour chasser la majeure partie de l'acide libre. Les sulfates solides sont introduits dans des petits tubes que nous chauffons dans la vapeur de soufre, au moyen

---

(1) *Loc. cit.*

d'une bouteille à mercure, munie d'un tuyau de reflux, et de trois moufles superposées verticalement. Nous faisons passer successivement les sulfates dans les différentes moufles, en les pesant de temps en temps jusqu'à obtenir un poids constant à $\frac{2}{10}$ de milligramme près. Les sulfates sont ensuite transformés en oxydes, en les chauffant dans un double creuset de platine, au four Forquignon, jusqu'à poids constant. Le poids atomique est facilement déduit de la transformation des sulfates en oxydes. Nous nous sommes assurés qu'en chauffant les oxydes successivement dans un courant d'oxygène, et dans un courant d'hydrogène, ils ne subissent pas une variation sensible de poids.

» Nous préparons les acétylacétonates de la façon suivante :

» Les nitrates en solution aqueuse très diluée (5^{gr} par litre) sont précipités par l'ammoniaque. On lave par décantation, et l'on ajoute la quantité théorique d'acétylacétone qui transforme les hydrates en acétylacétonates cristallins. On filtre, les cristaux sont fractionnés dans un dissolvant approprié, et l'on recommence le traitement sur les eaux-mères.

» Nous avons fractionné les dérivés métalliques dans l'alcool d'abord, dans le benzène ensuite, changeant à dessein de dissolvant, dans l'espérance de reculer les limites des séparations. Ces deux réactifs dissolvent abondamment les acétylacétonates yttriques à chaud, et les abandonnent en aiguilles par le refroidissement.

» Dans l'alcool, les corps de faible poids atomique se concentrent dans les premiers cristaux; au bout de six tours de fractionnement de ces têtes, les eaux-mères et les cristaux ont sensiblement le même poids atomique, 95,3 pour les cristaux, 95,7 pour les eaux-mères; les différences sont de l'ordre de grandeur des erreurs que comporte la méthode analytique. Nous avions obtenu pour les premiers cristaux 99,2 et 106,9 pour les premières eaux-mères. Les portions intermédiaires se scindent en des termes dont la valeur numérique se resserre de plus en plus, et la majeure partie de notre matière était comprise entre les limites 98 et 102.

» Réunissant les portions de poids atomiques voisins, nous avons fait une série de fractionnements dans le benzène.

» Le fractionnement des portions, dont le poids atomique oscillait entre 95 et 97, a conduit aux nombres extrêmes 96-97.

» Les portions dont le poids atomique variait entre 98 et 102 ont donné les limites 98 et 108.

» Enfin les portions dont le poids atomique était compris entre 103 et 105 ont donné les limites 97 et 112.

» Il ressort de ces nombres que le fractionnement des acétylacétonates

yttriques des sables monazités possède une limite inférieure de termes indédoublables par notre méthode, limite qui ne descend pas au-dessous de 95, nombre très éloigné de 89, qui est le poids atomique de l'yttrium.

» Nos eaux-mères ayant constamment un poids atomique plus élevé que nos cristaux, il nous semblait logique qu'au voisinage du poids atomique de l'yttrium, la faible quantité de corps à poids atomique plus élevé (170 environ, erbium, etc.), qui est censé souiller notre matière, dût, *a fortiori,* rester dans les eaux-mères.

» Nous poursuivons cette étude pour reconnaître si le fractionnement ne présente pas d'autres limites.

» Ces résultats sont intéressants à rapprocher de ceux qu'ont obtenus MM. P. Schützenberger et O. Boudouard (1). »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Une réaction de l'oxyde de carbone.* Note de M. **A. Mermet**, présentée par M. Friedel.

« Rechercher l'oxyde de carbone dans l'air et le caractériser facilement, tel est le problème de Chimie pratique intéressant l'hygiène que je me suis proposé.

» Après des essais très nombreux et très variés, j'ai trouvé qu'une solution faible de permanganate de potassium acidulée par l'acide azotique se décolorait sous l'influence de l'oxyde de carbone ; en ajoutant de l'azotate d'argent, la décoloration était accélérée. Avec de l'air au $\frac{1}{500}$ et au $\frac{2}{10000}$, la décoloration de la liqueur rose survient en un temps qui varie de une à vingt-quatre heures.

» Je me suis arrêté aux proportions suivantes, pour constituer le réactif nouveau.

» *Liqueur d'argent* (A). — Dissoudre 2^{gr} à 3^{gr} d'azotate d'argent cristallisé dans 1^{lit} d'eau distillée.

» *Liqueur de permanganate de potassium* (B). — Faire bouillir 1^{lit} d'eau distillée avec quelques gouttes d'acide azotique pur (bien exempt d'acide chlorhydrique). Ajouter, goutte à goutte, du permanganate dissous jusqu'à coloration rose persistante. On détruit ainsi les matières organiques que contiennent les eaux distillées de préparation ancienne et qui n'ont pas été conservées dans des fontaines fermées par un bouchon soutenant un tube à coton pour retenir les poussières de l'air. Après refroidissement, dissoudre 1^{gr} de permanganate cristallisé et ajouter 50^{cc} d'acide azotique pur. Conserver cette liqueur à l'abri des poussières et de la lumière.

---

(1) Travail fait au laboratoire de M. Friedel, à la Sorbonne.

» *Réactif de l'oxyde de carbone.* — On le prépare, *au moment de l'expérience,* en mélangeant :

Liqueur A	20^cc
Liqueur B	1
Acide azotique pur	1

et complétant à 50^cc avec de l'eau distillée privée de matières organiques. On obtient une liqueur rose.

» L'emploi de cette liqueur peu chargée de permanganate exige quelques précautions puisque les gaz réducteurs autres que l'oxyde de carbone, les poussières, peuvent la décolorer. Néanmoins, on peut, avec elle, arriver à se prononcer avec certitude sur la présence ou l'absence, dans l'air, des plus faibles traces d'oxyde de carbone. J'ai fait passer, dans ce réactif, de l'air à $\frac{2}{10000}$, après l'avoir purifié par passages successifs dans un tube à coton pour arrêter les poussières, un tube à ponce sulfurique ou phosphorique pour fixer les gaz alcalins, des tubes à 4 boules de Mitscherlich, ou des tubes à perles de Babo, à permanganate alcalin, un tube témoin à eau de baryte, etc., la décoloration était complète. L'expérience peut être faite plus simplement en versant le réactif dans un flacon à l'émeri plein de l'air titré et en l'abandonnant. La décoloration se produit d'autant plus vite que le titre du mélange gazeux est plus élevé.

» Dans la pratique, le même résultat serait observé si l'air contenait du gaz d'éclairage. En effet, en plus d'une forte proportion d'oxyde de carbone, il contient du méthane et différents hydrocarbures réducteurs. Il en serait de même avec des gaz sulfurés ; dans ce cas, la liqueur décolorée prendrait bientôt une teinte brune due à la formation de sulfure d'argent. Mais un renseignement n'en serait pas moins acquis ; on aurait la preuve de la présence, dans l'atmosphère, d'un gaz délétère, nuisible. Une expérience plus complète, semblable à celle que je viens de décrire, permettrait ensuite de savoir si la décoloration est due à l'oxyde de carbone ou à d'autres gaz réducteurs. L'indication serait encore précieuse en répétant la réaction avec l'air pris dans une galerie de mine de houille, puisque de faibles quantités de grisou amèneraient la décoloration du réactif permanganique.

» *Marche d'une expérience.* — Deux flacons à l'émeri sont remplis d'eau. On vide le premier dans la pièce où l'on veut prélever de l'air suspect; on vide le second à l'air libre pour le remplir d'air normal. C'est le *témoin* (1).

(1) Si l'air est riche en poussières (galeries de mines), on adaptera au flacon plein

On évitera l'emploi de flacons bouchés au liège parce que celui-ci céderait des principes réducteurs qui accéléreraient la décoloration. L'eau qui remplit les flacons devra être pure. Si l'on veut se placer dans les meilleures conditions, on choisira de l'eau distillée privée de matières organiques, mais, à défaut, on pourra se contenter d'eau distillée ordinaire et même d'eau de fontaine. On place les deux flacons sur une feuille de papier blanc et l'on verse dans chacun d'eux 25^{cc} de réactif. On abandonne l'expérience à elle-même en évitant une lumière trop vive. Le flacon contenant l'oxyde de carbone se décolore dans les limites de temps indiquées plus haut, tandis que le témoin est encore plus ou moins rosé. Il n'y a plus à se préoccuper ensuite de sa décoloration spontanée; car, un semblable mélange perdant continuellement de l'oxygène, il arrive un moment où il n'y a pas trace de permanganate. C'est pour cette raison qu'il faut préparer le réactif au moment de l'expérience. Néanmoins, j'ai pu en conserver pendant plus de trois semaines.

» Par ce moyen très simple, on pourra faire l'essai de l'air dans nombre de circonstances; on fera bien de répéter souvent l'expérience dans les bureaux, les salles d'études ou les classes, chauffés avec de mauvais appareils. La décoloration du réactif, même si elle n'était pas produite par l'oxyde de carbone exclusivement, prouverait que l'air respiré est vicié et que la ventilation est défectueuse.

» Voici les résultats de quelques expériences :

» 1° Une prise d'air est faite près d'un poêle à anthracite au moment où on le charge de combustible. Le réactif est décoloré: l'air contient de l'oxyde de carbone.

» 2° Après une saute de vent en bourrasque, le baromètre baisse de 10^{mm} en deux heures, une cheminée à feu continu et à combustion lente chauffant une pièce de dimensions moyennes semble s'éteindre; de l'air est prélevé. Le réactif est décoloré en moins de deux heures. Le vent avait donc rabattu le gaz de la cheminée. On conçoit qu'un accident mortel aurait pu survenir si une personne avait été surprise pendant le sommeil.

» En 1861, Boussingault, répétant les expériences de de Saussure sur la décomposition du gaz carbonique par les plantes exposées à la lumière, constatait que l'oxygène dégagé n'était pas mélangé d'azote, mais bien d'oxyde de carbone accompagné parfois de méthane.

---

d'eau un bouchon en liège paraffiné à deux trous, l'un portant un siphon, l'autre un tube à coton. Après écoulement, on substituera le bouchon de verre.

» J'ai tenté de reconnaître ces gaz en prélevant des échantillons d'air dans une serre à camélias. Le réactif n'a pas été décoloré. Après huit jours de contact les flacons en expérience et leurs témoins contenaient encore une liqueur rose.

» Ces expériences m'ont naturellement amené à rechercher les causes qui font disparaître les énormes masses d'oxyde de carbone continuellement rejetées dans l'atmosphère. Ce gaz se transforme-t-il immédiatement et exclusivement en acide carbonique? Passe-t-il par le degré d'oxydation intermédiaire? En un mot, existerait-il de l'acide oxalique dans l'air? Pour répondre à cette question, j'ai recueilli de l'eau de pluie au milieu d'un parterre, loin des arbres pour éviter les principes solubles que les branches pourraient céder. Le volume du liquide ayant été réduit, les acides azotique et sulfurique ont été reconnus, et quelques essais d'analyse microchimique, assez nets, m'ont permis de caractériser des traces d'acide oxalique sous forme de sel calcique. Mais je ne puis rien affirmer encore et ces différentes questions restent à élucider. Elles feront l'objet d'une autre Note. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide isolauronolique*. Note de M. G. **Blanc**, présentée par M. Friedel.

« Dans une précédente Note (*Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 468), j'ai décrit quelques dérivés de l'acide isolauronolique, entre autres l'aldéhyde $C^9H^{14}O$. L'obtention d'un pareil composé permet d'affirmer la présence du groupement $— CO^2H$ dans cet acide. Le schéma

```
       C(OH)
   CH//  \CO
     |    |
  H²C\    /CH²
       CH
       C³H⁷
```

que nous avions admis d'abord doit donc être abandonné. On voit que, si l'on traite le chlorure de l'acide ainsi représenté, par le zinc-méthyle, on devrait retrouver le camphre en admettant la formule de Kekulé. J'ai tenté l'expérience, et je n'ai pas obtenu le camphre, mais un isomère que je vais décrire.

» *Cétone :* $C^{10}H^{16}O$. — On traite 2 molécules de chlorure d'isolauronolyle par

1 molécule de zinc-méthyle en présence d'éther anhydre. Le produit de la réaction, lavé et séché est ensuite distillé.

» C'est un liquide incolore, mobile, d'une odeur camphrée pénétrante, insoluble dans l'eau, miscible à tous les solvants organiques.

$$D_{14} = 0,9404.$$
Indice de réfraction à 15° = 1,4740.

» Il bout à 200°-202° à la pression normale, et sans décomposition; il est très entraînable par la vapeur d'eau.

» Il répond à la formule $C^{10}H^{16}O$ et, d'après son mode de formation, c'est un composé cétonique; effectivement, j'ai pu préparer l'oxime, la semicarbazone et l'hydrazone.

» *Oxime :* $C^{10}H^{16}AzOH$. — Obtenue par la méthode habituelle, elle se présente sous la forme de gros cristaux paraissant orthorhombiques, transparents, incolores et inodores.

» Elle fond à 64°-65° et reste facilement en surfusion.

» Elle bout à 140° ($H = 13^{mm}$).

» *Semicarbazone :* $C^{10}H^{16}Az.AzHCOAzH^2$. — Feuillets légèrement jaunâtres ou fines aiguilles fondant à 49°, très solubles dans l'éther et l'éther de pétrole, moins soluble dans l'alcool.

» *Hydrazone :* $C^{10}H^{16}Az.AzHC^6H^5$. — Liquide visqueux, jaunâtre, bouillant à 185°-190° ($H = 13^{mm}$).

» *Produits d'hydrogénation de la cétone* $C^{10}H^{16}O$. — La réduction de la cétone $C^{10}H^{16}O$ se fait difficilement quand on traite par le sodium sa solution alcoolique. Il est préférable de faire l'hydrogénation en solution éthérée placée sur une couche d'eau.

» L'opération est toujours assez longue.

» En distillant dans le vide le produit de la réaction, on obtient deux produits : un alcool $C^{10}H^{18}O$ et un composé $(C^{10}H^{17}O)^2$ qui est peut-être la pinacone du composé cétonique.

» *Alcool* $C^{10}H^{18}O$. — Liquide incolore, mobile, d'une odeur pénétrante, différant peu de celle de la cétone.

» Il bout vers 205°, sous la pression atmosphérique.

» Insoluble dans l'eau, miscible à tous les solvants organiques. Il fournit aisément l'acétate et le chlorure correspondants.

» *Composé* $(C^{10}H^{17}O)^2$. — C'est le produit qui reste dans le ballon après distillation dans le vide de l'alcool $C^{10}H^{18}O$; il se présente en petits cristaux que l'on purifie par cristallisation dans l'alcool étendu. Il est peu soluble dans l'alcool, l'éther et la ligroïne, et fond à 120°.

» Si l'on cherche à le distiller, on le scinde régulièrement en alcool et cétone

$$(C^{10}H^{17}O)^2 = C^{10}H^{18}O + C^{10}H^{16}O.$$

» Une étude plus approfondie fera connaître la nature de sa fonction, quoique jusqu'à présent, d'après son mode de formation, on puisse le considérer comme une pinacone.

» Dans une prochaine Note, nous examinerons quelques autres dérivés du nouvel isomère du camphre, que nous avons obtenus. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur un nouveau mode d'emmagasinement de l'acétylène*. Note de MM. **Georges Claude** et **Albert Hess**, présentée par M. d'Arsonval.

« L'acétylène s'est acquis en ces derniers temps une place remarquable parmi les sources d'éclairage. Cependant les divers accidents qu'il a occasionnés montrent quel intérêt il peut y avoir à sortir des chemins explorés jusqu'ici par les inventeurs et à trouver une voie qui rende moins dure à l'acétylène la période critique dont, à leur début, les plus utiles découvertes ont eu à souffrir.

» Cette voie, nous l'avons cherchée dans l'utilisation d'une propriété de l'acétylène laissée jusqu'à présent de côté, sa *solubilité* dans les liquides, solubilité considérablement exaltée, comme celle de tous les gaz, sous l'influence de la *pression*.

» Comme l'ont montré nos recherches, la solubilité de l'acétylène, déjà fort appréciable pour certains liquides depuis longtemps expérimentés (alcool, acide acétique, etc.), devient très grande avec l'acétal, le méthylal, l'acétate d'éthyle, etc., et en particulier avec l'acétone ordinaire, que la facilité de sa préparation désigne spécialement au point de vue industriel.

» A la pression ordinaire et à la température de 15°, l'acétone dissout en effet vingt-cinq fois en moyenne son volume d'acétylène.

» Cette solubilité de l'acétylène dans les divers liquides augmente à peu près proportionnellement à la pression. Ainsi, sous 12 atmosphères, 1^{lit} d'acétone (immobilisé ou non dans une matière poreuse telle que l'amiante, la pierre ponce, etc.) dissout environ 300^{lit} de gaz, ce qui correspond pratiquement à la décomposition de 1^{kg} de carbure de calcium.

» Il résulte du mode d'emmagasinement employé que l'utilisation de cet acétylène est très simple : il suffit d'ouvrir peu à peu un robinet placé à la partie supérieure du récipient contenant la dissolution sous pression et communiquant avec les appareils à alimenter pour que le gaz se dégage (sous forme de bulles ou d'un simple échange à la surface) jusqu'à concur-

rence de ce qui reste dissous sous la pression atmosphérique. Quant au liquide épuisé, il est alors apte à recevoir une nouvelle charge d'acétylène sous pression, aussi facilement utilisable.

» La dissolution sous pression de l'acétylène est accompagnée d'une augmentation de volume qui, dans le cas de l'acétone, est de 0,04 par atmosphère : ainsi, la dissolution sous 12 atmosphères présente un volume égal à une fois et demie celui du dissolvant initial. Si l'on tient compte du volume de gaz correspondant, on arrive à cette conclusion curieuse, que la densité de cette augmentation de volume, qui peut être considérée comme le volume propre occupé par l'acétylène, est de 0,700, alors que, dans les mêmes conditions de température, la densité de l'acétylène liquide est seulement de 0,400. En d'autres termes, si à de l'acétylène liquide on ajoutait de l'acétone, il y aurait contraction considérable. Il n'est donc pas impossible (et des expériences plus précises nous renseigneront à cet égard) qu'à une pression suffisante on arrive à emmagasiner dans l'unité de volume plus d'acétylène dissous que d'acétylène liquide.

» La solubilité de l'acétylène dans l'acétone diminue de moitié environ lorsque la température passe de 15° à 50°. Comme conséquence, la pression d'un récipient chargé passe du simple au double pour une élévation de température voisine de 30°. Cette variation est bien inférieure à celle de l'acétylène liquide, qui passe de 24 à 70 atmosphères pour une élévation de température de 18° seulement, ce qui contraint à l'emploi de vases à parois très épaisses.

» Avec l'acétylène dissous, au contraire, comme on peut se limiter à volonté à des pressions très faibles, on est amené à des récipients métalliques à parois très minces, peu dangereux en cas de rupture, très légers et permettant, de par cette légèreté, d'emmagasiner par unité de poids total plus d'acétylène que la liquéfaction. Il est intéressant, à ce propos, de noter que le coefficient de dilatation de l'acétylène dissous, quoique variable avec la pression, ne ressemble en rien à celui de l'acétylène liquide, ce qui permet d'utiliser beaucoup mieux les récipients en les remplissant presque complètement sans crainte de rupture. Nous nous proposons d'ailleurs de revenir ultérieurement sur ce sujet.

» Enfin, les précédents connus dans l'étude des matières explosives autorisent à penser que les caractères explosifs résultant de l'origine endothermique de l'acétylène sont, sinon totalement annihilés, du moins fortement atténués par le fait de sa dissolution dans un liquide inerte. Nous pouvons relater, à l'appui de cette manière de voir, une expérience qui a

consisté à maintenir indéfiniment dans une solution d'acétylène dans l'acétone, sous 3 atmosphères, un fil de platine porté au rouge vif par le courant électrique. »

MINÉRALOGIE. — *Sur la constitution minéralogique de l'île de Polycandros (Archipel)*. Note de M. A. LACROIX, présentée par M. Fouqué.

« La petite île de Polycandros (Pholégandros) n'a jamais été décrite au point de vue géologique, mais la plupart des cartes géologiques l'indiquent comme de nature volcanique. C'est sur cette indication que, l'an dernier, j'en ai entrepris l'exploration. Sa situation entre deux centres volcaniques différents, Milo à l'ouest, Santorin au sud-est, semblait rendre son étude particulièrement intéressante.

» J'ai trouvé d'abondants échantillons de roches volcaniques dans la petite anse de Karabostacis, mais ces blocs épars disparaissent à quelques mètres du rivage; nulle part dans l'île, il n'existe de roches volcaniques en place, et les quelques blocs qui peuvent être recueillis dans les ruines grecques sont à l'évidence des fragments de meules à huile. L'examen minéralogique de toutes les roches volcaniques que j'ai recueillies montre de nombreux types pétrographiques dont il est possible de reconstituer le gisement originel; il y a notamment des roches de Santorin (ponce supérieure, lave des Kaménis ou de Phira, etc.); quant aux fragments de meules, ils paraissent être constitués par des roches volcaniques d'Egine ou de Methana.

» Pour n'être pas volcanique, la constitution minéralogique de l'île n'en est pas moins intéressante; son étude m'a été rendue possible par l'aimable hospitalité du dimarque, M. Gérardis.

» Polycandros est très allongée suivant la direction nord-ouest-sud-est; elle est étranglée dans son milieu par un isthme étroit. La partie sud-est de l'île est exclusivement constituée par un calcaire marmoréen blanc ou blanc grisâtre rubanné, bréchiforme par places, alternant à son sommet avec des phyllades grises; tout cet ensemble est dépourvu de fossiles et n'a que peu d'intérêt au point de vue minéralogique; il n'en est pas de même des assises sur lesquelles il repose et qui constituent tout le reste de l'île. Cette partie plus ancienne est formée par une succession de chloritoschistes, de micaschistes, de calcschistes, alternant entre eux et avec des lits minces ou d'énormes bancs de calcaires blancs marmoréens. Ces schistes et calc-

schistes, malgré une apparente uniformité de caractères extérieurs, présentent des variations de composition minéralogique fort intéressantes.

» *Micaschistes*. — Les micaschistes satinés blancs, ou d'un jaune clair, sont constitués par de la phlogopite blonde ou incolore et par de la muscovite. Les minéraux accessoires (tourmaline, épidote) y sont rares; ces roches renferment localement des lits quartzeux et albitiques ou calcaires.

» L'accroissement progressif de la calcite conduit à des *marbres* blancs phylliteux.

» *Chloritoschistes*. — Les chloritoschistes, généralement d'un vert clair, présentent des types très variés; ils sont essentiellement constitués par une trame de chlorite (qui peut être de la pennine ou du clinochlore) associée à de la muscovite : localement, on rencontre de grands cristaux porphyroïdes d'épidote, des lits de pennine pure. Au-dessus de la baie d'Agkali, se trouvent des chloritoschistes violacés à grands cristaux d'épidote; ces roches sont colorées par des lamelles d'hématite. Ces mêmes schistes se chargent localement d'une amphibole vert bleuâtre, associée souvent à de la *glaucophane* et à des paillettes de biotite; ces minéraux forment des taches plus foncées sur le fond vert clair de la roche.

» Les moulins de Polycandros sont bâtis sur des schistes verts à aspect fibreux ou noduleux; dans le premier cas, la structure est due à la disposition régulière de petites aiguilles d'amphibole verte, associées à une chlorite et à une quantité considérable de grains irréguliers d'épidote, il existe en outre de petits grains de quartz, d'albite, et parfois des facules de glaucophane. Les types noduleux ont une composition différente; les nodules sont constitués par des cristaux de *diopside* à formes géométriques nettes : $h^1(100)$, $g^1(010)$, $d^{\frac{1}{2}}(111)$, $d^{\frac{1}{4}}(221)$, $b^{\frac{1}{2}}(\bar{1}11)$ maclés suivant h^1. Ils sont entourés de grains de quartz et d'albite, de biotite verdâtre, d'épidote, d'amphibole vert clair, parfois de *glaucophane*. Tous ces différents éléments se groupent entre eux en proportions extrêmement variées, suivant les différents points considérés. mais s'orientant toujours suivant la schistosité de la roche; les amphiboles sont souvent géométriquement orientées sur le diopside.

» *Calcschistes*. — Ces roches dérivent des précédentes par introduction de la calcite et passent aux marbres par enrichissement en calcite. Elles sont généralement riches en grands cristaux d'épidote et contiennent toujours beaucoup d'albite et de quartz. Il existe toujours des phyllites [muscovite, biotite, chlorites (chlinochlore ou pennine)]; celles-ci se concentrent parfois dans des lits distincts et irréguliers : la roche ressemble alors à un gneiss glanduleux. Plus rarement, on voit apparaître des amphiboles (hornblende verte, *glaucophane*), enfin, à la pointe de Nisios, dans un calcschiste, riche en glaucophane, j'ai observé un pyroxène vert pâle en lames minces dont les grands cristaux possèdent toutes les propriétés optiques de l'*acmite;* c'est la première fois qu'un pyroxène du groupe de l'ægyrine est trouvé dans un schiste métamorphique.

» *Accidents minéralogiques*. — J'ai constaté plusieurs accidents minéralogiques intéressants, provenant tous d'Anomeria : schistes à grands cristaux de *chloritoïde*, nodules de *disthène*, enfin amphibolites constituées

par un mélange de *riebeckite*, d'*acmite*, avec un peu de biotite et parfois d'épidote. La riebeckite n'était connue jusqu'à présent comme élément de schistes métamorphiques que dans les trois gisements de la Savoie, de la Corse et de l'Asie Mineure que j'ai signalés récemment [1].

» Enfin, toute la région schisteuse est traversée par un nombre considérable de filonnets d'albite, associés à du quartz, de l'épidote, de l'oligiste titanifère; ils m'ont fourni des cristaux transparents d'albite, riches en faces, atteignant 1^{cm} (types cristallographiques du Dauphiné).

» Bien qu'ils présentent de nombreux types spéciaux, les schistes de Polycandros offrent en moyenne une grande analogie de composition minéralogique avec les *schistes lustrés* de la Corse et des Alpes françaises. Ils se rapprochent de ceux de l'Hymette (Attique) et doivent sans doute être parallélisés au point de vue stratigraphique avec eux, ainsi qu'avec le lambeau schisteux du sud de l'île Milo. Quant aux calcaires supérieurs de la partie sud-est de Polycandros, ils sont certainement les équivalents des calcaires du Saint-Élie à Santorin, et leur constitution pétrographique aussi bien que leur position stratigraphique fait penser aux calcaires du Parthénon, à Athènes, attribués au Crétacé. »

MINÉRALOGIE. — *Sur le rôle des phénomènes d'altération superficielle et de remise en mouvement dans la constitution des gisements métallifères.* Note de M. **L. DE LAUNAY**, présentée par M. Michel-Lévy.

« Les gisements métallifères ne se présentent pas, en général, aux investigations minières tels qu'ils ont été formés primitivement; mais, dans toute une zone superficielle, d'autant plus importante pratiquement qu'elle est nécessairement la première et souvent la seule exploitée, ils peuvent avoir subi, par l'action des eaux de surface, un métamorphisme très prononcé, consistant en des altérations chimiques diverses et des *remises en mouvement*, dont le rôle capital ne nous paraît pas avoir été, jusqu'ici, suffisamment mis en lumière.

» Dans bien des cas, nous croyons que ces remises en mouvement permettent d'expliquer des phénomènes qui, trop généralisés, ont donné lieu aux théories, si en vigueur à l'étranger, de la sécrétion latérale récente et du remplissage des filons *per descensum* et souvent, d'autre part, elles

(1) *Minéralogie de la France*, t. I, p. 697; 1896.

autorisent à prévoir, dans un gisement encore à peine abordé à son affleurement, des modifications en profondeur de la plus grande importance industrielle.

» La zone que nous qualifions ici de *superficielle*, et qui est nettement limitée à sa base par le niveau hydrostatique permanent de la contrée minéralisée correspondant au thalweg des vallées principales, peut, en réalité, dans les régions très accidentées, comme les pays de montagnes, où se trouvent la plupart des filons métallifères, affecter une hauteur de plusieurs centaines de mètres, c'est-à-dire une partie relativement très considérable de ces filons et parfois la seule que l'on ait eu intérêt à exploiter, tant par suite de l'enrichissement des minerais qu'on y rencontre et des facilités de traitement spéciales résultant de l'altération même qu'à cause des très grandes difficultés d'épuisement auxquelles on se heurte souvent en dépassant le niveau hydrostatique.

» Nous ajouterons que ces phénomènes d'altération superficielle, qui caractérisent, en somme, une période d'émersion continentale, ne sont pas nécessairement restreints à la période géologique actuelle et postérieurs aux derniers mouvements ou aux érosions qui ont déterminé le relief orographique du sol; tout au contraire, ils se sont certainement produits dans les diverses zones successives de l'écorce terrestre que les progrès de l'érosion ont tour à tour entamées, et l'on doit, par exemple pour l'or, admettre que la destruction complète de ces affleurements provisoires, ainsi enrichis puis désagrégés, a contribué, par une préparation mécanique naturelle, à la richesse de certains placers formés des résultats de cette érosion.

» On peut même prévoir théoriquement et l'on semble réellement constater exceptionnellement des cas où, par suite d'un mouvement du sol, le niveau hydrostatique, au lieu de s'abaisser comme c'est sa tendance normale, se serait relevé et où, par suite, de semblables altérations, opérées à un moment où la superficie avait une forme différente de celle que nous lui voyons, se seraient trouvées préservées et conservées en profondeur dans des filons.

» Les phénomènes dont nous nous occupons en ce moment ont toujours eu lieu par l'intervention de l'eau, et leur point de départ normal est une redissolution des substances minérales, qui peut se produire par simple contact et sans altération chimique pour des minéraux solubles comme les chlorures, nitrates et borates alcalins, mais qui, le plus souvent, est précédée par une modification du minerai filonien, sous l'action des réactifs apportés par l'eau superficielle.

» De ces réactifs, le premier et le plus important est l'oxygène, qui fait passer les sulfures insolubles à l'état de sulfates solubles. Dans son ensemble, l'altération superficielle est caractérisée par une oxydation, d'autant mieux marquée que les gîtes métallifères profonds semblent, en principe, avoir été déposés dans un milieu réducteur, en sorte que la partie altérée forme un contraste frappant avec la partie profonde.

» Après l'oxygène viennent d'abord l'acide carbonique, emprunté, soit à l'air, soit aux calcaires (qui transforme les carbonates, pour la plupart insolubles, en bicarbonates); puis les nitrates, chlorures, fluorures, etc., presque toujours contenus dans les eaux.

» Mais le facteur temps joue dans ces réactions un rôle essentiel; constamment on se trouve en présence de gîtes où l'altération complète, qui semblerait devoir résulter de l'allure du niveau hydrostatique, n'est pas encore terminée, et cette circonstance, jointe à toutes les influences accidentelles si variables qui peuvent, avec la disposition des terrains, avec le régime des pluies, l'altitude, le degré de boisement, etc., modifier le régime des eaux souterraines, introduit dans les altérations des variations locales très fréquentes, dont il est parfois fort difficile de préciser la cause.

» Les remises en mouvement, si nous nous bornons exclusivement à celles qui se passent souterrainement et laissant de côté les formations d'alluvions qu'on pourrait logiquement leur rattacher, sont, le plus souvent, d'une nature chimique, c'est-à-dire qu'elles consistent en une dissolution suivie d'une reprécipitation, qui peut elle-même être provoquée par ses causes ordinaires : contact d'une paroi froide, évaporation, diminution de température ou de pression, dégagement de l'excès d'acide carbonique, double réaction produite par un autre sel (et souvent par le carbonate de chaux, ou plutôt par la dolomie); mais quelquefois il peut y avoir un simple déplacement mécanique, accompagné d'une sédimentation dans de véritables rivières souterraines.

» A moins de circonstances exceptionnelles (et, par exemple, de réactions successives se détruisant l'une l'autre), l'effet de ces altérations et déplacements a toujours été de tendre à séparer les métaux d'abord confondus en formant pour chacun d'eux, quand les réactions avaient pu être poussées jusqu'à leur terme, le composé le plus stable et le plus insoluble.

» La nature chimique des terrains encaissants a eu, d'ailleurs, sur la marche de ces réactions, une influence absolument prépondérante et les phénomènes n'ont réellement pris toute leur intensité que dans les calcaires, où des actions d'imprégnation, de substitution et de dissolution, que nous nous proposons d'étudier dans une Communication ultérieure, ont

donné à certains gîtes métallifères, notamment à ceux de fer, de manganèse, de zinc et de plomb une ampleur inusitée.

» Parfois même, quand les gisements métallifères étaient encaissés dans des calcaires, leur altération superficielle les a transformés à tel point qu'on en a, jusqu'ici, complètement méconnu la nature primitive et qu'on leur a attribué une origine à notre avis tout à fait inexacte, en considérant notamment que certains amas de minerais carbonatés étaient directement arrivés de la profondeur à l'état de bicarbonates et s'étaient, au voisinage de la surface, précipités par dégagement de leur excès d'acide carbonique, ou en admettant, tout au contraire, que l'ensemble de la formation était un simple produit superficiel, postérieur au creusement des grottes et abîmes souterrains et résultant d'un lessivage récent de certaines roches voisines, où des analyses très minutieuses avaient fait constater des traces infinitésimales de minerais.

» Nous croyons, au contraire, et nous essayerons de montrer que la plupart des grands amas carbonatés ont une origine première sulfurée (peut-être exceptionnellement fluorée) et que leur transformation en carbonates, strictement limitée au cas où les minerais avaient d'abord imprégné ou incrusté des bancs calcaires, est un résultat d'altération limité au-dessus du niveau hydrostatique : ce qui permet, par exemple, de prévoir pratiquement, pour les calamines et les cérusites, le passage à la blende et à la galène quand on dépasse ce niveau. »

MINÉRALOGIE. — *Sur le graduel appauvrissement en chaux des roches éruptives basiques de la région du Pelvoux.* Note de M. P. **Termier**, présentée par M. Michel-Lévy.

« On connaît depuis longtemps (*spilites* ou *variolites du Drac,* des anciens auteurs), tout autour du massif cristallin du Pelvoux, des *mélaphyres* en coulées épaisses, avec nappes scoriacées et tufs volcaniques, qui forment comme un niveau géologique à la base du lias. J'ai donné ici même, il y a quelques années, des analyses de ces roches et fait remarquer leur richesse en soude (et, par conséquent, l'acidité de leurs plagioclases), qui me paraissait contraster singulièrement avec l'abondance de l'olivine.

» J'ai découvert, depuis lors, sur le bord sud-est de la région cristalline, de très nombreux filons de porphyrites basiques (assez analogues aux *camptonites* de M. Rosenbuch). D'autre part, j'ai pu trouver quelques

affleurements de mélaphyres où la roche a gardé une fraîcheur relative. De la comparaison de ces mélaphyres encore bien caractérisés et des porphyrites les mieux conservées semble se dégager cette conclusion : que celles-ci sont la forme filonienne, et ceux-là la forme effusive d'un même magma, pauvre en silice et riche en magnésie.

» Revenant alors aux types de mélaphyre que j'avais étudiés autrefois, et qui sont de beaucoup les plus communs, j'ai constaté que le feldspath y est à l'état d'*albite* ou d'*anorthose*, tandis que dans les mélaphyres mieux conservés, ceux où l'on trouve encore un peu d'olivine ou d'augite, les feldspaths sont du labrador ou de l'andésine. La production de l'albite et de l'anorthose est donc un phénomène de *décalcification* secondaire. Les porphyrites m'ont permis les mêmes constatations : lorsque l'augite y est intact, les feldspaths sont du labrador ou de la bytownite; quand les silicates magnésiens sont entièrement détruits, le feldspath est devenu de l'anorthose.

» Il y a d'autres roches basiques où ce phénomène de décalcification des feldspaths est encore plus net : ce sont les *diabases* que j'ai signalés l'an dernier dans la Haute-Vallouise, et que j'ai retrouvés, cet été, en plusieurs points du massif, tantôt en lits dans les schistes métamorphiques, tantôt en dykes puissants dans le granite (Combeynot). Dans la roche intacte, le feldspath est zoné, les zones allant habituellement de $Ab^5 An^3$ à $Ab^3 An^4$. Dans la roche décalcifiée, il ne reste plus que de l'*albite avec ceinture d'anorthose,* et le seul minéral calcique de la roche est un sphène secondaire inclus dans la chlorite.

» Enfin, les galets d'*andésite à augite* contenus dans les grès et conglomérats tertiaires du massif de Chaillol (bord sud du Pelvoux) sont en voie de subir la même décalcification. Leurs feldspaths, originellement labrador ou andésine, se transforment peu à peu en albite, du cœur à la périphérie. Dans beaucoup de ces galets, la transformation est à peu près complète, et il ne reste plus qu'un mince liséré d'anorthite autour du cristal albitisé.

» Dans toutes ces roches, diabases, porphyrites et mélaphyres anciens, andésites tertiaires, la décalcification des feldspaths se fait toujours par substitution isomorphe de la molécule albite, ou de la molécule orthose, à la molécule anorthite, sans que jamais la forme du cristal soit altérée. Plus la décalcification est avancée, et plus le feldspath est devenu frais et limpide, malgré qu'il y ait toujours, dans la substitution, entraînement au sein de l'édifice feldspathique d'une notable quantité de chlorite (sous forme de fines inclusions). Il est clair que cette substitution ne peut se faire sans départ d'alumine et sans fixation de silice. Parfois, une partie de la chaux

séjourne dans la roche à l'état de calcite; le plus souvent, cette calcite elle-même a disparu, et l'analyse globale n'indique plus que des traces de chaux. Voici quelques analyses :

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
SiO^2	51,20	52,81	47,60	52,59	49,00	46,11
Al^2O^3	17,34	19,83	19,10	18,57	19,10	18,32
Fe^2O^3	12,43	11,89	11,55	8,62	11,55	16,33
CaO	6,35	0,95	7,82	1,94	4,75	1,79
MgO	4,71	5,32	6,95	9,18	6,04	6,71
K^2O	1,92	2,71	1,94	3,99	0,70	0,93
Na^2O	3,28	3,54	3,50	1,12	5,45	4,61
TiO^2	1,08	»	»	»	»	»
P^2O^5	1,27	»	»	»	»	»
Perte par calcination	2,77	3,10	2,98	3,11	6,15	4,56
Totaux	102,35	100,15	101,44	99,11	102,74	99,36

» I. Diabase normal, riche en hornblende primaire, mica noir et apatite; feldspaths zonés de Ab^5An^3 à Ab^3An^4.

» II. Diabase décalcifié, ayant gardé sa structure ophitique; albite et anorthose, chlorite avec sphène et ilménite secondaires.

» III. Porphyrite normale : olivine, augite titanifère, *mica noir*, hornblende, labrador et bytownite.

» IV. Porphyrite décalcifiée : anorthose et chlorite, sphène secondaire.

» V. Mélaphyre au maximum de conservation, mais évidemment déjà en voie de décalcification : bowlingite, chlorite, quelques débris d'olivine et d'augite, andésine et labrador avec taches de calcite.

» VI. Mélaphyre décalcifié (type habituel; il y a eu apport de fer) : ilménite épigénisant l'olivine, sphène secondaire, chlorite, albite et anorthose.

» Le processus de cette transformation est partout le même : l'olivine s'attaque la première, en donnant de la bowlingite, de la chlorite, de l'actinote, parfois un peu de quartz; l'augite s'ouralitise (diabases) ou se transforme en chlorite et épidote; des taches de calcite et des aiguilles de mica ou d'argile salissent les feldspaths; l'amphibole et la biotite chloritisent; l'apatite est dissoute; l'ilménite ancienne se détruit, remplacée par de l'ilménite nouvelle et par des grains de sphène. Puis l'albite et l'anorthose apparaissent au cœur des feldspaths, et avancent graduellement vers la périphérie; la calcite se dissout; l'épidote s'attaque à son tour; la chlorite, avec plus ou moins d'ilménite et de sphène, épigénise tout ce qui, dans la roche primitive, n'était pas feldspath; et, dans la ruine générale, l'édifice feldspathique reste seul debout, abritant désormais d'autres molécules que celles pour lesquelles il avait été construit.

» Ce travail chimique, si considérable, est l'œuvre des eaux superficielles. *Aucun silicate ne résiste à l'eau de pluie*. Les granites du Pelvoux, et la plupart de ses gneiss, sont essentiellement riches en alcalis et pauvres

en chaux : leurs albites et leurs feldspaths potassiques sont partout, à la surface, en voie de kaolinisation.

» Les eaux de pluie qui tombent sur le massif du Pelvoux deviennent donc, très rapidement, silicatées alcalines, et ce sont ces eaux, ainsi enrichies de silicates alcalins, qui, suivant toute vraisemblance, déplacent la chaux dans les roches basiques qu'elles rencontrent ; ce sont elles encore qui, dans les fentes des gneiss et des micaschistes, ou dans la masse même des calcaires de la région, laissent cristalliser l'albite ou l'orthose.

» Le Pelvoux est actuellement *une source d'alcalis*. Il n'en a pas été toujours ainsi. Avant l'ablation de sa couverture sédimentaire, la région devait être une source de chaux, comme l'est aujourd'hui la région du mont Genèvre, où les feldspaths des gabbros se saussuritisent ; comme le sont encore beaucoup de régions des Pyrénées, où le silicate le plus stable, *à l'heure actuelle*, paraît être le dipyre.

» Quand les granites et les gneiss du Pelvoux auront perdu leurs alcalis, l'albite, l'anorthose et la muscovite secondaires, qui sont aujourd'hui des formes stables, seront attaquées à leur tour. On peut concevoir une époque où ce qui restera du massif cristallin actuel ne montrera plus, à la surface du sol, que du quartz et de la chlorite, et où la région du Pelvoux deviendra, pour les pays environnants, une source de magnésie. »

GÉOGRAPHIE. — *Travaux exécutés par le Service géographique du corps expéditionnaire de Madagascar, pendant la campagne de* 1895. Note de M. **R. Bourgeois**, présentée par M. Bassot.

« I. L'état-major du corps expéditionnaire de Madagascar comportait, en vue des travaux géographiques qu'il serait possible, et même nécessaire d'exécuter, un bureau géographique, composé de deux officiers ayant appartenu au Service géographique de l'armée, le capitaine d'artillerie breveté Bourgeois, qui remplissait les fonctions de chef de bureau, et le capitaine d'artillerie Peyronel. En outre, il avait été décidé qu'un officier par bataillon serait chargé de dresser les itinéraires parcourus par les diverses unités, sous la direction technique des deux officiers du bureau géographique, ceux-ci étant chargés plus spécialement des opérations de triangulation et de la détermination astronomique des coordonnées géographiques.

» Le bureau du service géographique du corps expéditionnaire avait

été largement doté en instruments de Géodésie à son départ de France ; mais les faibles moyens de transport mis à sa disposition, à partir de Majunga, ne permirent d'emporter en colonne que deux théodolites de campagne, donnant les deux minutes centésimales et trois montres; chaque officier topographe fut muni d'une boussole Peigné.

» II. Le programme que l'on s'était imposé consistait à appuyer les travaux topographiques, que l'on devait pousser aussi loin que possible à droite et à gauche de la route suivie, sur une triangulation exécutée en cours de route et qui, partant de la base mesurée en 1892 par le service hydrographique de la marine dans les environs immédiats de Majunga, se relierait sur les plateaux de l'Imerina au réseau de triangles établi dans cette région par MM. A. Grandidier, Membre de l'Institut, et le R. P. Roblet, missionnaire français. Les nécessités du service et les difficultés de l'expédition furent telles que l'expédition complète de ce programme ne put être réalisée. En particulier, la triangulation dut être abandonnée pendant la marche de la colonne légère, tous les officiers, géodésiens ou topographes, remplissant à ce moment critique des fonctions exclusivement militaires. Les levés exécutés par les officiers topographes du corps de troupes (¹) forment néanmoins un ensemble important, qui permet de fixer dès à présent d'une façon suffisamment exacte la topographie de toute la région parcourue. Ces travaux sont actuellement en cours de publication au Service géographique de l'armée, à l'échelle du $\frac{1}{50000}$.

» III. La triangulation s'appuie sur le côté Mât du Rova-Mât du Fort, du réseau des hydrographes, et les coordonnées de départ sont celles de ces deux points (²).

» Pour les raisons énoncées plus haut, notre enchaînement ne put dépasser le pic d'Andriba, et il s'arrête au côté sommet Hiandrereza-sommet Andriba. L'impossibilité d'arriver jusqu'à l'Imerina nous enlevait le contrôle précieux du raccordement avec la triangulation de M. Grandi-

---

(¹) En particulier par MM. Aubé, capitaine au service des renseignements; Peltier, lieutenant au 13ᵉ régiment d'infanterie de marine; Simon, lieutenant au régiment d'Algérie (légion); Prudhomme, lieutenant au régiment d'Algérie (tirailleurs).

(²) Valeurs des éléments de départ (Travaux de M. l'ingénieur hydrographe Driencourt).

Mât du Rova : longitude, 43°58′45″,4; latitude, 15°43′9″,5.

Mât du Fort : longitude, 43°58′17″,4; latitude, 15°42′58″,8.

Azimut de Mât du Rova sur Mât du Fort = 111°39′57″,5.

Logarithme du côté Mât du Rova-Mât du Fort = 2,95270.

dier ; mais, en cours de route, nous avons déterminé un certain nombre de latitudes astronomiques par la méthode des distances zénithales circumméridiennes du Soleil. L'accord entre les coordonnées obtenues par l'observation directe et celles déduites de la triangulation paraît suffisant, ainsi que le montre le Tableau ci-dessous, pour une chaîne observée avec un instrument de campagne.

	L observées.	L calculées.	$L_o - L_c$.
Marolambo (village)	16°. 9'.17"	16°. 8'.42"	+35"
Ambato (village)	16.29. 4	16.28.55	+ 9
Colline au sud du Camp des Sources	17.12.36	17.11.45	+51
Andjiejié (village)	17.16.11	17.15.56	+15
Colline cotée 750m	17.21.49	17.21.31	+18
Pic d'Andriba	17.31.41	17.31.50	− 9

» IV. La triangulation comprend en tout quarante-neuf sommets ; elle a permis d'encadrer tous les levés topographiques exécutés par les officiers et de garantir ainsi l'exactitude de ces travaux, qui deviendront surtout utiles lorsque seront entreprises les études d'une route entre Tananarive et Majunga. Nous en avons conclu les coordonnées géographiques suivantes d'un certain nombre de points remarquables de la région, jusqu'alors imparfaitement connus.

Points principaux de la triangulation de Majunga à Andriba.

	Latitudes.	Longitudes.	Altitudes.
Meverano (village), poste optique	−15°.57'.15"	−44°. 9'.59"	65m
Marovoay (village), rova	−16. 7.22	−44.17.12	85
Tsitondrohina (montagne), sommet	−16.46.26	−44. 4.44	402
Mevatanana (village), rova	−16.53.59	−44.32.15	123
Beratsimanana (village), sommet de la colline	−16.51. 3	−44.33.47	90
Beritzoka (montagne), sommet est	−17. 6. 9	−44.37.32	504
Beritzoka (montagne), sommet ouest	−17. 7.12	−44.35.43	554
Pic de Namakia (montagne), sommet	−17. 1.21	−44.46.39	693
Hiandrereza (montagne), sommet est	−17.35.32	−44.53.38	1126

M. D.-A. Casalonga adresse une Note sur « le Mouvement de rotation lunaire ».

M. Aug. Coret adresse un Mémoire relatif à un appareil auquel il donne le nom de *kinéomètre*.

M. **Th. Colombier** adresse une Note sur « le Problème de l'aviation ».

A 3 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 3 heures et demie. **J. B.**

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 8 mars 1897.

Bulletin de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, publié sous la direction des Secrétaires de la Société, MM. Collignon et Aimé Girard. Février 1897. Paris, Chamerot et Renouard; 1 vol. in-4°.

Notice sur les travaux scientifiques de M. P. Puiseux, Maître de Conférence à la Faculté des Sciences, etc. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1897; 1 fasc. in-4°.

Revue générale des Sciences pures et appliquées. Directeur : Louis Olivier, 28 février 1897. Paris, G. Carré et C. Naud: 1 fasc. gr. in-8°.

Annales médico-psychologiques. Fondateur : Dr J. Baillarger. Rédacteur en chef : Dr. Ant. Ritti. Mars-avril 1897. Paris, Masson et Cie, 1897; 1 vol. in-8°.

Annales des Ponts et Chaussées. Janvier 1897. Paris, P. Vicq-Dunod et Cie; 1 vol. in-8°.

Bulletin général de Thérapeutique médicale, chirurgicale, obstétricale et pharmaceutique. Directeur scientifique : Albert Robin, Membre de l'Académie de Médecine, etc. Paris, Doin.

Journal du Ciel, couronné par l'Académie des Sciences. Bulletin de la Société d'Astronomie. Notions populaires d'Astronomie pratique. Directeur : Joseph Vinot. Avril 1897. 1 fasc. in-4°.

Bulletin de la Société géologique de France. Février 1897. Paris; 1 vol. in-8°.

Archives italiennes de Biologie, sous la direction de A. Mosso, Professeur de Physiologie à l'Université de Turin. Tome XXVI, fasc. III. Turin, Hermann Lœscher, 1896; 1 vol. in-8°.

Memorie della Societa degli Spettroscopisti italiani, raccolte e pubblicate per cura del prof. P. TACCHINI. Roma, G. Bertero, 1896; in-4°.

Anales del Instituto y observatorio de Marina de San Fernando. Sección 2ª : Observaciones meteorologicas y magneticas, año 1894. San Fernando, 1895; 1 vol. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 15 MARS 1897.

L'Aluminium. Deuxième Partie : *Alliages, emplois récents*, par ADOLPHE MINET. Paris, B. Tignol; 1 vol. in-16. (Présenté par M. Berthelot.)

Le carbure de calcium et l'acétylène. Les fours électriques, par C. DE PERRODIL, Ingénieur des Arts et Métiers. Préface de M. HENRI MOISSAN, Membre de l'Institut. Paris, Vicq-Dunod et Cie, 1897; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Moissan.)

Revue de Mécanique, publiée sous le patronage et la direction technique d'un Comité de rédaction. M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, Membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines, Président. Tome I. Nos 1 et 2. Paris, Vicq-Dunod et Cie, 1897; 2 vol. in-4°.

Remarques sur la nomenclature algologique, par AUG. LE JOLIS. (Extrait des *Mémoires de la Société nationale des Sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg*). Paris, J.-B. Baillière et fils, 1896; 1 vol. in-8°. (Hommage de l'auteur.)

L'Hérault géologique, par P.-G. DE ROUVELLE, Doyen et Professeur honoraire de la Faculté des Sciences. 1862-1894. Montpellier, L. Combes. 1 vol. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Note sur un nouveau cornet acoustique servant en même temps de masseur du tympan, par le Dr MARAGE. Paris, Masson et Cie; 1 broch. in-8°.

Rapport général présenté à M. le Ministre de l'Intérieur par l'Académie de Médecine sur les vaccinations et revaccinations pratiquées en France et dans les colonies pendant l'année 1895. Melun, 1896; 1 vol. in-8°.

Publications de l'observatoire central Nicolas, sous la direction de O. BACKLUND. Série II. Vol. II. *Observations faites au cercle vertical*, par M. NYRÉN. Saint-Pétersbourg, 1896; 1 vol. in-4°.

Annuaire de l'observatoire royal de Belgique, par F. FOLIE, Directeur de l'observatoire. 1897. Bruxelles, Hayez, 1897; 1 vol. in-18.

Revue des Pyrénées. France méridionale. Espagne. Dirigée par le Dr F. GARRIGOU. Tome VIII, 1896. 6e livraison. Toulouse; 1 vol. in-8°.